FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

Rubén Herce

MANUALES ISCR

INSTITUTO SUPERIOR
DE CIENCIAS RELIGIOSAS



Manuales ISCR
Instituto Superior de Ciencias Religiosas
Universidad de Navarra

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación, total o parcial, de esta obra sin contar con autorización escrita de los titulares del *Copyright.* La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (Artículos 270 y ss. del Código Penal).

© 2016. Rubén Herce.
Ediciones Universidad de Navarra, S.A. (EUNSA). Plaza de los Sauces, 1 y 2.
31010 Barañáin (Navarra) - España. Tfno.: 948 25 68 50 - Fax: 948 25 68 54. e-mail: info@eunsa.es
ISBN: 978-84-313-3108-5 | Depósito legal: NA 31-2016
Diseño cubierta: Pablo Cerezo Marín
Imprime: Gráficas Alzate, S.L. Pol. Comarca 2. Esparza de Galar (Navarra)
Printed in Spain – Impreso en España

RUBÉN HERCE

FILOSOFÍA DE LA CIENCIA



EDICIONES UNIVERSIDAD DE NAVARRA, S.A.
PAMPLONA

Colección

Manuales del Instituto Superior de Ciencias Religiosas

1. Cada vez más personas se interesan por adquirir una formación filosófica y teológica seria y profunda que enriquezca la propia vida cristiana y ayude a vivir con coherencia la fe. Esta formación es la base para desarrollar un apostolado intenso y una amplia labor de evangelización en la cultura actual. Los intereses y motivaciones para estudiar la doctrina cristiana son variados:

- **Padres y madres** que quieren enriquecer su propia vida cristiana y la de su familia, cuidando la formación cristiana de sus hijos.
- **Catequistas y formadores** que quieren adquirir una buena preparación teológica para transmitirla a otros.
- Futuros **profesores de religión** en la enseñanza escolar.
- **Profesionales** de los más variados ámbitos (comunicación, economía, salud, empresa, educación, etc.) que necesitan una formación adecuada para dar respuesta cristiana a los problemas planteados en su propia vida laboral, social, familiar… o simplemente quienes sienten **la necesidad de mejorar la propia formación** cristiana con unos estudios profundos.

2. Existe una demanda cada vez mayor de material escrito para el estudio de disciplinas teológicas y filosóficas. En muchos casos la necesidad procede de personas que no pueden acudir a clases presenciales, y buscan un método de aprendizaje autónomo, o con la guía de un profesor. Estas personas requieren un material valioso por su contenido doctrinal y que, al mismo tiempo, esté bien preparado desde el punto de vista didáctico (en muchos casos para un estudio personal).

   Con el respaldo académico de la Universidad de Navarra, especialmente de sus Facultades Eclesiásticas (Teología, Filosofía y Derecho Canónico), la Facultad de Filosofía y Letras y la Facultad de Educación y Psicología, esta colección de **manuales de estudio** pretende res-

ponder a esa necesidad de formación cristiana con alta calidad profesional.

3. Las **características** de esta colección son:

- Claridad doctrinal, siguiendo las enseñanzas del Magisterio de la Iglesia Católica.
- **Exposición sistemática** y profesional de las materias teológicas, filosóficas (y de otras ciencias).
- **Formato didáctico** tratando de hacer asequible el estudio, muchas veces por cuenta propia, de los contenidos fundamentales de las materias. En esta línea aparecen en los textos algunos elementos didácticos tales como esquemas, introducciones, subrayados, clasificaciones, distinción entre contenidos fundamentales y ampliación, bibliografía adecuada, guía de estudio al final de cada tema, etc.

José Manuel Fidalgo Alaiz
José Luis Pastor
Directores de la colección

Formato didáctico

Los manuales tienen un formato didáctico básico para facilitar tanto el eventual estudio del alumno por su cuenta, el autoestudio con preceptor / tutor, o la combinación de clases presenciales con profesor y estudio personal.

Estas características didácticas son:

1. Se ha procurado **simplificar** los contenidos de la materia sin perder la calidad académica de los mismos.
2. Se simplifican los modos de expresión, buscando la claridad y la sencillez, pero sin perder la **terminología teológica**. Nos parece importante, desde un punto de vista formativo, adquirir el uso adecuado de los términos teológicos principales.
3. En el cuerpo del texto aparecen **dos tipos de letra** en función de la relevancia del contenido. Mientras que la letra grande significa contenidos básicos de la materia, la letra pequeña significa un contenido más explicativo de las ideas principales, más particular o más técnico.
4. En el texto aparecen términos o expresiones en formato **negrita**. Se pretende llamar la atención sobre un concepto clave a la hora del estudio personal.
5. Las enumeraciones y **clasificaciones** aparecen tipográficamente destacadas para facilitar la visualización rápida de los conceptos, su estudio y memorización.
6. Al principio de cada tema, inmediatamente después del titulo principal, aparece una **síntesis** de la idea principal a modo de presentación.
7. En cada tema se presentan varios recursos didácticos:
    - Un **esquema o sumario** de la lección (sirve de guión de estudio y memorización).
    - Un **vocabulario** de palabras y expresiones usadas en el desarrollo del tema. Sirve para enriquecer el propio bagaje de términos aca-

démicos y sirve también de autoexamen de la comprensión de los textos.

- Una **guía de estudio**. Se trata de un conjunto de preguntas. El conocimiento de las respuestas garantiza una asimilación válida de los principales contenidos.
- **Textos para comentar**. Pueden dar pie a lecturas formativas o a ejercicios (guiados por un profesor).

8. Se dispone al final de una **bibliografía básica** y sencilla de los principales documentos que pueden servir para ampliar el contenido de la materia.

INTRODUCCIÓN GENERAL

A lo largo de los últimos siglos, la ciencia ha ido ocupando un lugar cada vez más central en la vida humana. Hasta tal punto que en nuestros días parece impregnarlo todo. Nos levantamos con el despertador de nuestro móvil y nos acostamos apagando la luz de la última lámpara LED que hemos comprado. Nos movemos en coches impulsados por energías renovables y consultamos el tiempo para ver si va a llover el fin de semana. Cocinamos alimentos pre-congelados en nuestro microondas y nos fiamos de los tratamientos médicos cada vez que enfermamos. Un fenómeno tan omnipresente requiere de una reflexión filosófica.

La filosofía de la ciencia es la rama de la filosofía que estudia este nuevo fenómeno de la investigación y de la práctica científica. Si se pudiese sintetizar en unas pocas palabras, diríamos que intenta dar explicación de la naturaleza, del origen y de la relación de las ideas científicas (conceptos, modelos, teorías…) con la realidad. Además estudia el modo en que la ciencia describe, explica, predice y contribuye al control de la naturaleza; y explora cómo se formulan y usan tanto los diversos métodos científicos como los tipos de razonamiento utilizados. Pero, sobre todo, examina qué tipo de verdad nos proporciona el conocimiento científico.

El presente libro, por necesidad conciso, pretende contribuir a que los *no iniciados* se puedan hacer una idea clara a la vez que profunda de algunas de las implicaciones de la tarea científica. Si al final se ha conseguido o no, será tarea del lector juzgarlo.

TEMA 1

CIENCIA Y FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

El ideal clásico de ciencia como conocimiento cierto por causas sigue siendo válido, aunque necesita ser entendido bien y ampliado para dar cabida a las ciencias experimentales. La ciencia es una búsqueda sistemática y rigurosa de explicaciones que permiten obtener un conocimiento demostrado que va más allá de la experiencia ordinaria y que está en continuidad con esta última. Dentro de las ciencias se suele distinguir entre ciencias experimentales, ciencias sociales y humanidades. Los fines generales de las ciencias experimentales son conocer y dominar la naturaleza, para lo que se sirve de un método propio: el método experimental. La filosofía de la ciencia busca comprender la naturaleza y el valor de la ciencia mediante la reflexión filosófica. Para ello, debe tener en cuenta lo que hace la ciencia, respetar su autonomía y adoptar una perspectiva meta-científica.

SUMARIO

1. La importancia de la ciencia en la cultura actual

El estudio científico de la naturaleza ha conseguido un **éxito sin precedentes**. El impacto de la ciencia ya no se circunscribe solo a la transformación del mundo exterior, sino que también **influye notablemente en nuestro modo de pensar** y de valorar las cosas.

En nuestra cultura **lo *científico*** se entiende como un conocimiento objetivo, verdadero, riguroso, seguro y bien comprobado. En cambio, **lo *no-científico*** se considera como subjetivo, dudoso, cambiante, poco fiable e inseguro.

> Parece que todo conocimiento que se presente con pretensiones de objetividad debería ser científico. Sin embargo difícilmente se nos ocurriría pedir a nuestros padres una prueba científica de paternidad. La valoración que hacemos de la ciencia tiene que ver, sobre todo, con dónde depositamos nuestra confianza y por qué. Cuando se ven los resultados o que algo funciona es muy fácil sostener que ese conocimiento es cierto, pero eso no implica que la ciencia sea el único modo de adquirir conocimientos verdaderos. El razonamiento filosófico o la confianza en los demás también son válidos. Además, como veremos, ni la ciencia es tan objetiva como parece, pues contiene bastantes elementos subjetivos, ni otros saberes son tan subjetivos como se podría suponer. Hay conocimientos objetivos más allá de la ciencia.

Esta distinción, sin embargo, no es correcta. El conocimiento científico es verdadero dentro del contexto adecuado y si cumple ciertos requisitos. Lo científico, normalmente, **no es algo perfectamente establecido** y muchos autores ponen el acento en que el conocimiento científico **es provisional y revisable**.

Además, la ciencia proporciona un conocimiento valioso que no es automáticamente neutro. Dicho conocimiento **conlleva ciertas ventajas y algunos riesgos**. Nada nos garantiza que los avances científicos vayan a ser utilizados bien. Por estos y otros motivos **es necesario reflexionar sobre la tarea científica**.

2. ¿Qué es la ciencia?

2.1. El ideal clásico

El ideal clásico de la ciencia se podría resumir en las siguientes afirmaciones:

- La ciencia es un ***conocimiento cierto por causas***.
- La ciencia busca ***explicaciones universales* y *necesarias***.

- Buscar las causas y las explicaciones equivale a **buscar los** ***fundamentos*** de aquello que intentamos explicar.

Estas definiciones, para que puedan ser aplicadas con propiedad a la ciencia experimental moderna, habría que matizarlas.

- Obtener un conocimiento cierto y encontrar causas verdaderas no es sencillo. La **contingencia de la materia** en el mundo físico (que las cosas puedan ser de otro modo) y la existencia de la **libertad humana** ponen límites al determinismo de las causas y a la certeza del conocimiento.
- En segundo lugar, es cierto que las explicaciones auténticas siempre poseen cierta universalidad y necesidad. Aun así, difícilmente se puede afirmar que la explicación, por ejemplo, de una reacción química concreta, aquí y ahora, sea verdaderamente universal o absolutamente necesaria. El **aspecto inductivo de la ciencia** limita el grado de certeza que se puede alcanzar.
- Por último, las explicaciones auténticas siempre tienen algo de fundamentación verdadera. Sin embargo, la **provisionalidad y perfectibilidad de los logros científicos** no resulta compatible con una fundamentación incólume de la actividad científica.

Luego, el ideal clásico de ciencia no responde con precisión al modo de entender la ciencia en la actualidad. Aun así, sigue siendo válido siempre y cuando **se huya de dos extremos**:

- **Una pretensión racionalista** de alcanzar certezas absolutas mediante demostraciones lógico-racionales a partir de fundamentos completamente indudables.
- **Una posición relativista** o escéptica que niegue la legitimidad de cualquier tipo de certeza.

El problema de la primera postura es que no reconoce ni el **carácter limitado de nuestro conocimiento** ni la **contingencia de la naturaleza**. El problema del segundo planteamiento es que no consigue explicar el **progreso de la ciencia**.

2.2. Una definición más actual

Como fruto de la aparición de la ciencia experimental a partir del siglo XVII, **se ha ampliado el concepto de ciencia** para dar cabida a las características de la nueva ciencia experimental. En la actualidad, entre las características propias de toda ciencia se admiten las siguientes.

- La ciencia es una **actividad humana limitada** por nuestras capacidades cognoscitivas y limitada a los objetos que conocemos. Aun así, es sorprendente lo mucho que podemos conocer a partir de lo poco que percibimos sensorialmente.
- La actividad científica **parte del deseo innato e insaciable por buscar la verdad**: «Todos los hombres desean por naturaleza saber» (Aristóteles). A la vez, se trata de una **búsqueda sin término** (Popper) porque cada nuevo hallazgo representa un nuevo punto de partida en la búsqueda de un saber que nunca se agota.
- El conocimiento científico se encuentra **en continuidad con el conocimiento ordinario**. En los dos ámbitos **buscamos resolver problemas** mediante un esfuerzo intelectual, llegando a explicaciones que nos permitan comprender por qué suceden las cosas. La diferencia consiste en que, en la vida ordinaria esa búsqueda puede ser más o menos consciente, mientras que en la ciencia se trata de una **búsqueda sistemática**.
- Para encontrar solución a los problemas o responder a los interrogantes se **requiere razonar, relacionar datos, extraer consecuencias**. En definitiva, combinar la información que nos proporcionan los sentidos con el razonamiento que nos lleva **más allá de lo que se puede observar directamente**.

En resumen, la ciencia:

- ***Parte de la experiencia ordinaria y del deseo humano de conocer la verdad***.
- Como actividad, es una ***búsqueda sistemática y rigurosa de explicaciones que permitan resolver problemas***. En el proceso, se sirve de la experiencia, de la matemática y de argumentos racionales; somete las explicaciones a pruebas sistemáticas y rigurosas para comprobar su validez; utiliza *razonamientos*, *pruebas*, *demostraciones*, que permiten obtener *conclusiones* a las que no se podría llegar de otro modo; busca un conocimiento que trasciende las apariencias.
- Como resultado, es ***conocimiento demostrado que va más allá de la experiencia ordinaria***. Un conocimiento que, además, progresa y nos permite dominar los procesos naturales.

Al amparo de esta definición caben tanto las ciencias clásicas como la filosofía, la teología natural o las matemáticas… como las ciencias experimentales modernas.

Ciencia y filosofía tienen la misma raíz: un afán de saber que se extiende más allá de la experiencia ordinaria. Históricamente se desarrollaron juntas y entremezcladas, hasta que en la época moderna la ciencia adquirió su propia autonomía. En la actualidad, ciencia y filosofía se suelen presentar como realidades diferentes. Sin embargo la diferencia no es tan grande.

- Lo propio de **la aproximación filosófica** es *no excluir voluntariamente nada que pueda ser estudiado racionalmente*.
- Mientras que lo propio de **las ciencias experimentales** es similar aunque más limitado, porque los científicos, en su investigación, *se comprometen a buscar evidencias empíricas y se sujetan a principios específicos de razonamiento*.

El enorme éxito de la ciencia experimental moderna ha llevado a que el concepto de ciencia se aplique casi exclusivamente a las ciencias que adoptan un método experimental. En la actualidad difícilmente se considera ciencias a la filosofía o la teología. Y cuando se habla de ciencias humanas o sociales se sobreentiende que deben utilizar métodos experimentales. Entre los distintos saberes, ha quedado estandarizada una **clasificación tripartita**:

- Las **ciencias experimentales** se centran en el estudio de la naturaleza, buscando conocimientos que puedan ser controlados mediante experimentos. Entre estas se incluyen la física, la biología, la geología, etc.; y también las **ciencias formales**, como la matemática y la lógica, que no son propiamente experimentales, pero que sí están fuertemente asociadas a estas por su dimensión instrumental.
- Las **ciencias sociales** se centran en el estudio de características específicamente humanas, utilizando, en la medida de lo posible, el método de la ciencia experimental. Incluyen la psicología empírica, la economía, la sociología, las ciencias de la educación, las ciencias políticas, las ciencias de la comunicación, etc.
- Por último están las **humanidades**, que incluyen la filosofía, la filología, la educación, la historia, el arte, la religión, etc. Nótese que no se les denomina ciencias; y que con el término **ciencias humanas** se suele denominar a la unión de las humanidades con las ciencias sociales, como opuestas a las ciencias experimentales.

Esta clasificación tripartita de las ciencias se debe a que ***el concepto de ciencia se aplica de modo analógico***, es decir de modo en parte idéntico y en parte distinto, a las diversas ciencias.

- **Lo común** a todas las ciencias es que buscan explicaciones generales mediante un estudio sistemático que emplea razonamientos y métodos rigurosos de prueba.
- En cuanto a **las diferencias**, son muy abundantes. Por ejemplo, las ciencias experimentales poseen una peculiar fiabilidad, porque someten sus hipótesis a un control experimental repetible e intersubjetivo. De ahí el peculiar prestigio de que suelen estar dotadas. Sin embargo, esa fiabilidad va acompañada por una severa auto-limitación que le incapacita para proporcionar argumentos decisivos cuando se estudian los problemas más profundos de la vida humana.

4. Características de las ciencias experimentales

4.1. Se orientan hacia un doble objetivo

La ciencia, como otras actividades humanas, tiene unos objetivos teóricos (búsqueda de conocimiento) y unos objetivos prácticos (dominio de la naturaleza, mejora de la actividad humana en el nivel individual o en el social…). El conocimiento es la base para la práctica y los problemas prácticos son un estímulo para la búsqueda de conocimiento.

Conocer y dominar la naturaleza son los dos fines generales de la ciencia. Lo que caracteriza posteriormente a una ciencia concreta es el tipo de objetivos particulares que persigue y la relación que existe entre los objetivos teóricos y prácticos de esa ciencia.

El peculiar **entrelazamiento de estos dos objetivos** (que se pueden considerar un único objetivo) es un aspecto esencial de las ciencias experimentales.

4.2. Se sirven de unos métodos propios

Cada ciencia efectúa una especie de corte en la realidad, define una cierta perspectiva que constituye su ámbito de investigación. Una misma realidad se puede convertir en objeto de diferentes disciplinas, por lo que el punto de vista que se adopta es decisivo en una ciencia.

> La biología, por ejemplo, incluye lo relacionado con la vida desde el punto de vista de la ciencia experimental (biofísica, bioquímica, ecología…), y no incluye, en cambio, el estudio filosófico de los vivientes tal como lo desarrolla la filosofía de la naturaleza, ni el estudio epistemológico de la biología misma, propio de la

filosofía de la ciencia. Lo cual no significa que un biólogo no pueda estudiar los temas filosóficos relacionados con su disciplina; significa, simplemente, que si lo hace, está actuando como un filósofo, y no como un biólogo, y deberá respetar las exigencias propias de la perspectiva filosófica.

Al efectuar un corte particular en la realidad, **cada ciencia construye su objeto**. La construcción del objeto científico **es una obra humana**.

Por lo tanto, el **método científico** podría esquematizarse en dos momentos:

- La ***construcción*** *del objeto y la elaboración de las teorías acerca de ese objeto*. Esta construcción de teorías tiene lugar en un contexto en el que esas teorías tendrán sentido. Por ejemplo, la teoría de la evolución tiene sentido en el contexto de lo que está, ha estado o estará vivo.
- La ***comprobación*** *de la validez de las teorías*. Se trata de un aspecto crucial. Solo conociendo bien cómo se ha construido y cómo se comprueban las teorías, se puede apreciar el alcance verdadero de lo que afirman.

El primer momento tiene lugar en un ***contexto de descubrimiento*** y el segundo en un ***contexto de justificación***. El contexto de descubrimiento se refiere al origen de las ideas y a sus elementos psicológicos, sociológicos y subjetivos; y el contexto de justificación a las pruebas que sirven para comprobar la validez de las ideas.

Algunos autores sostienen que ambos contextos son completamente diferentes, e incluso afirman que el contexto de descubrimiento es completamente irrelevante para el contexto de justificación. Esta apreciación es válida si se pretende decir que los procesos *psicológicos* que se encuentran en el origen de nuestras ideas no garantizan la validez *lógica* de esas ideas. Sin embargo, solo sabiendo cómo se llega a las ideas (contexto de descubrimiento) se puede advertir bien cuáles son los problemas que se intentan resolver y cuáles son las características de las soluciones propuestas. Lo que resulta crucial para examinar la validez de los resultados o construcciones científicas (contexto de justificación).

Cuando aquí hablamos de la *construcción* como uno de los dos aspectos básicos del método científico, nos referimos, precisamente, al *contexto de descubrimiento* en el que se plantean las teorías: qué problemas se intenta resolver, qué tipo de teorías se escogen para resolverlos y por qué. En este sentido, solo si tenemos presente la construcción de los objetos y las teorías de la ciencia podremos abordar con éxito la *comprobación de su validez* (contexto de justificación).

El tipo de construcciones que se acepten y el tipo de métodos que se empleen para comprobar su validez dependerá, en cada caso, del tipo de ciencia de que se trate, o sea, de los objetivos que nos hayamos propuesto en esa ciencia. Por lo tanto, ***el método de las ciencias se caracteriza en función de sus objetivos***.

En las ciencias experimentales se busca un conocimiento de la naturaleza que permita conseguir un dominio controlado de la misma. Con estos objetivos generales, las hipótesis particulares se someten a control experimental para saber si se adecuan a los objetivos concretos buscados. El método de la ciencia experimental se centra en torno a pautas espacio-temporales repetibles y a los experimentos que permiten estudiarlas.

En otras ciencias como por ejemplo la metafísica se utilizan medios que nos permitan acceder a las propiedades generales del ser y a los modos de ser de la realidad. Se tiene en cuenta la experiencia, pero recurrir a la experimentación no tendría sentido. Sus objetivos son distintos y los métodos también.

4.3. Se llega a unas construcciones científicas

Las construcciones científicas son el resultado de la aplicación del método científico en una determinada disciplina. Estas construcciones suelen ser un conjunto de proposiciones, modelos y teorías. Por ejemplo, la ley de Ohm y la teoría de la relatividad de Einstein son construcciones de la física.

En filosofía de la ciencia, la cuestión última que interesará dirimir es **si esas construcciones científicas son verdaderas**. Para responder adecuadamente a esa pregunta será preciso tener en cuenta cuáles son los objetivos de la ciencia a la que pertenecen esas construcciones, y qué métodos se han empleado para formular las construcciones científicas y para comprobar su validez.

En el caso de la ley de Ohm se puede decir que es verdadera en circunstancias ordinarias (temperaturas moderadas, etc.), porque si medimos las magnitudes de intensidad, voltaje y resistencia en un circuito eléctrico, de acuerdo con las reglas aceptadas, la relación expresada por esa ley se cumple de modo bastante aproximado. Lo que no tendría sentido es preguntarse por la verdad de la ley de Ohm en un contexto distinto del que ha sido formulada.

Si las construcciones científicas no se interpretan en el contexto de los objetivos y los métodos que les confieren significado, es muy fácil caer en equívocos.

Como por ejemplo: adoptar una postura cientificista que solo reconozca como válidos los conocimientos proporcionados por algún tipo de ciencia o extrapolar el alcance de una afirmación científica a ámbitos distintos del que ha sido formulada. Un caso concreto de este segundo tipo sería decir que la teoría de la relatividad ha probado que todo es relativo.

Por lo tanto, el conocimiento científico y ***las construcciones científicas deben valorarse teniendo en cuenta los diferentes objetivos y métodos que utilizan las diferentes ciencias***. La ciencia experimental adopta perspectivas particulares que no permiten decir nada, ni a favor ni en contra, de lo que cae fuera de ellas, como, por ejemplo, sobre la existencia de Dios o del alma.

En resumen, en la ciencia hay tres dimensiones de una misma realidad que está unidas: **los objetivos determinan los métodos, y los métodos determinan los contenidos**. Para conseguir unos objetivos concretos, no podemos utilizar cualquier método, sino solo unos métodos concretos que conducen a unos resultados concretos.

Sería un error y un flaco favor para la ciencia experimental exigirle unas respuestas que no puede dar porque no está capacitada para ello. De igual modo sería un error reclamar de la filosofía o de la religión explicaciones científicas, porque no es su objetivo ni su método. «La Biblia enseña cómo llegar al Cielo, no cómo funcionan los cielos» (Galileo).

5. ¿Qué es la filosofía de la ciencia?

En la actualidad, la filosofía de la ciencia es **una de las ramas filosóficas más pujantes**. Esto se debe en parte a:

- El **deseo de estudiar un fenómeno tan llamativo**. La ciencia va adquiriendo una visión más global y unitaria de la realidad y se quiere saber con detenimiento cómo funciona y por qué funciona.
- El **interés por purificar las polémicas** que han acompañado al desarrollo de la ciencia y han distorsionado su imagen, como pueden ser el cientificismo, el mecanicismo o la mentalidad positivista.
- La **proximidad entre ciencia y filosofía**. Tras un periodo donde parecía que ciencia y filosofía no tenían nada que ver, al tratarse de conocimientos objetivos y subjetivos respectivamente, se ha adquirido una mayor conciencia de los límites y de la complementariedad de ambas perspectivas. Se ha observado que la ciencia no es tan objetiva como se deseaba sino que contiene una notable dosis de subjetividad; y que la filosofía tampoco es tan subjetiva como algunos autores proponían sino que contiene generosas dosis de objetividad.

La *filosofía de la ciencia* se puede definir como el **estudio filosófico del conocimiento científico**, de su naturaleza y de su valor, de la dimensión cognoscitiva y de la dimensión práctica de la ciencia.

> Cuando ese estudio se centra en alguna ciencia particular o en un grupo de ellas se denomina por su objeto: *filosofía de la física*, *filosofía de las ciencias sociales*, *filosofía de la matemática*…

Luego, los objetivos o **temas principales de estudio de la filosofía de la ciencia** son dos.

- Determinar cuál es la ***naturaleza de la ciencia***. La ciencia experimental es una realidad muy compleja que se basa en esquemas, modelos e interpretaciones que no son el resultado de una simple recolección de datos. *Cualquier descripción de la ciencia supone interpretaciones y valoraciones* y es tarea de la filosofía de la ciencia descubrir cómo tiene lugar esa actividad científica.
- Determinar cuál es el ***valor de la ciencia***. Valorar la actividad científica exige adoptar una *perspectiva meta-científica*, que se sitúa más allá de la ciencia. Desde allí se puede juzgar cuáles son los valores intrínsecos de dicha actividad. Desde sí misma, la ciencia no puede dar razón de si lo que hace merece la pena.

  Algunos autores proponen una *epistemología naturalizada*, negando la necesidad o la posibilidad de adoptar una perspectiva meta-científica para estudiar la ciencia. Según ellos, la ciencia debería ser estudiada mediante métodos científicos. Se trata de un tema de debate muy actual, pero no parece que la ciencia se pueda justificar a sí misma.

Resumiendo, la filosofía de la ciencia busca ***comprender la naturaleza y valor de la ciencia mediante la reflexión filosófica***. Veamos qué características particulares debe tener su método.

6. Algunas características del método de la filosofía de la ciencia

6.1. Debe tener en cuenta lo que hace la ciencia

Un buen filósofo de la ciencia deberá conocer bien los procedimientos y resultados de las ciencias y **respetar la autonomía** propia de la actividad científica. Cada ciencia tiene su propio nivel de autonomía y sus propios criterios de validez que, lógicamente, son aplicados por los científicos de cada área mejor que por personas ajenas a ese trabajo.

La función de la filosofía de la ciencia no es dictar, desde una instancia ajena a la ciencia, cómo deberían comportarse los científicos o qué métodos deberían utilizar o cuál es el valor de sus resultados. Aun así, los filósofos de la ciencia pueden, por ejemplo, apuntar que ciertas conductas no son éticamente com-

patibles con la actividad científica… por lo que tiene **cierto aspecto normativo**, en lo que dicha actividad tiene de humano.

> Quienes desean defender la absoluta autonomía de las ciencias sostienen que la filosofía de la ciencia solo puede ser descriptiva, limitarse a describir cómo proceden de hecho los científicos. Y en ningún caso *normativa*, estableciendo las pautas que deberían seguir.

6.2. Debe tener en cuenta lo que dicen otras ciencias

La reflexión filosófica sobre la ciencia debe utilizar el material proporcionado por cualquier tipo de estudios que proporcionen una buena base para el estudio filosófico de la ciencia.

Normalmente, esta reflexión se realiza desde de la **lógica**, que es la perspectiva más tradicional en filosofía de la ciencia; y desde la **historia** y la **sociología**, que aportan datos importantes para situar la actividad científica en su contexto histórico y sociológico real.

La historia y sociología de la ciencia constituyen una base necesaria para obtener una imagen fiel de la ciencia tal como existe en la realidad. Deben ser tenidas muy en cuenta en la filosofía de la ciencia, pero no pueden sustituir a la **reflexión filosófica** que se pregunta por la naturaleza y el valor de la ciencia.

6.3. Debe ser propiamente filosófico

El análisis de los diferentes tipos de ciencias, la determinación de su validez, y el estudio de sus relaciones con otros ámbitos de la vida humana requieren adoptar una **perspectiva metafísica** acerca de la naturaleza del conocimiento humano.

La ciencia experimental es una de las pruebas más convincentes de la capacidad humana para trascender lo sensible y remontarse, a través de razonamientos muy sofisticados, hasta la existencia y propiedades de realidades materiales que se encuentran muy alejadas de las posibilidades de observación inmediata.

Esto supone que poseemos capacidades que nos sitúan muy por encima del resto de los seres naturales: la capacidad de conocer la verdad, de expresarla, de saber que la conocemos, de progresar en su conocimiento mediante argumentos. La filosofía de la ciencia incluye el estudio de estas capacidades de conocimiento y, por tanto, pertenece a la filosofía en sentido estricto.

Por último, es conveniente que la reflexión sobre la ciencia **sea realizada por científicos** porque conocen mejor cómo funciona la actividad científica, siempre y cuando reconozcan que en esos momentos se está comportando como filósofos más que como científicos. A la vez, es conveniente que **sea realizada por filósofos**, siempre y cuando tengan una buena comprensión de la actividad científica.

Ejercicio 1. Vocabulario

Identifica el significado de las siguientes palabras y expresiones usadas:

- Ciencia
- Ciencias experimentales
- Ciencias formales
- Ciencias sociales
- Humanidades
- Método científico
- Construcción del objeto
- Comprobación de las teorías
- Contexto de descubrimiento
- Contexto de justificación
- Construcciones científicas
- Filosofía de la ciencia
- Autonomía científica
- Metafísica

Ejercicio 2. Guía de estudio

Contesta a las siguientes preguntas:

1. Da alguna definición del ideal clásico de ciencia. ¿Por qué motivos este ideal no encaja bien con las ciencias experimentales?
2. ¿Cuál es el punto de partida de la ciencia?
3. Definición de ciencia: como actividad y como resultado.
4. Diferencia entre la aproximación filosófica y la aproximación de las ciencias experimentales a la realidad.
5. ¿Cuál es la clasificación tripartita de las ciencias? ¿Qué diferencias hay entre cada tipo de ciencia?
6. ¿Qué significa que el concepto de ciencia se aplica de modo analógico?
7. Fines u objetivos generales de la ciencia experimental.
8. ¿Qué significa que cada ciencia construye su objeto?

9. El método científico: Momentos y contextos. ¿Cómo se relacionan?
10. Da algunas razones por las que la filosofía de la ciencia es una rama pujante de la filosofía.
11. ¿Qué es la filosofía de la ciencia? ¿Cuáles son los objetivos o temas principales de su estudio?
12. ¿Qué significa que la filosofía de la ciencia debe respetar la autonomía de las ciencias?
13. Nombra algunas ciencias que el filósofo de la ciencia deba tener en cuenta.
14. ¿Quién está más capacitado para hacer filosofía de la ciencia?

Ejercicio 3. Comentario de texto

Lee el siguiente texto y haz un comentario personal utilizando los contenidos aprendidos:

La ciencia y la tecnología no son neutrales, sino que pueden implicar desde el comienzo hasta el final de un proceso diversas intenciones o posibilidades, y pueden configurarse de distintas maneras. Nadie pretende volver a la época de las cavernas, pero sí es indispensable aminorar la marcha para mirar la realidad de otra manera, recoger los avances positivos y sostenibles y, a la vez, recuperar los valores y los grandes fines arrasados por un desenfreno megalómano.

Papa Francisco
Laudato Si', n. 114

TEMA 2

ORIGEN Y DESARROLLO HISTÓRICO DE LA CIENCIA

«La ciencia [experimental] moderna se desarrolló sistemáticamente, como una empresa auto-sostenida cuyo progreso ya no ha cesado, desde que se consiguió combinar las matemáticas y la experimentación para elaborar un conocimiento que, por una parte, se formula con precisión matemática y, por la otra, se somete a control experimental» (Artigas). Su nacimiento fue el resultado de la revolución científica del siglo XVII. Pero esa revolución culminó un lento proceso que comenzó mucho antes y se desarrolló durante siglos.

SUMARIO

1. Fundamentos de la Ciencia en la antigüedad

1.1. Grecia

En las civilizaciones de Egipto y Babilonia tuvieron lugar las primeras escaramuzas científicas, pero es con los griegos cuando aparecen las primeras ideas precursoras de la ciencia experimental. **Los griegos comenzaron la reflexión racional y la búsqueda causal de los conocimientos empíricos**.

> «En los documentos de Babilonia y del antiguo Egipto encontramos cierta estructuración de conocimientos empíricos: unidades y reglas de medición, aritmética elemental, calendario del año, comprobación de la periodicidad de ciertos acontecimientos astronómicos y hasta de los eclipses. Pero los primeros que sometieron esos conocimientos al análisis racional y trataron de establecer las relaciones causales que los enlazaban, y, en realidad, los primeros que crearon ciencia, fueron los griegos, y en concreto los filósofos naturalistas de Jonia» (Dampier).

En su origen **ciencia y filosofía fueron de la mano**. En la antigüedad los fragmentos de ciencia empírica se encontraban mezclados con reflexiones de tipo filosófico y con especulaciones de dudoso valor. Se carecía de instrumentos precisos de observación y todavía no se había desarrollado el método científico moderno. Sin embargo, el carácter especulativo de los griegos les llevó a **plantear problemas y a proponer soluciones** que fueron marcando el camino hacia la ciencia moderna.

- Los **presocráticos** desarrollaron teorías sobre la constitución de la materia, el primer principio o *arjé*, que eran diferentes entre sí e incorrectas. Sin embargo, establecieron un tipo de investigación que desde entonces no se ha interrumpido.
- Los **pitagóricos**, desde el siglo V a.C., insistieron en la importancia de la matemática para estudiar la naturaleza. Se dieron cuenta de que la Tierra es esférica y propusieron que la rotación diurna de los cielos podía explicarse de modo más sencillo suponiendo que la Tierra giraba en torno a sí misma.
- **Aristóteles** (384-322 a.C.) se ocupó de muchas cuestiones científicas y consiguió resultados importantes en el ámbito de la biología. Su estudio del desarrollo del embrión de pollo es un ejemplo de aplicación del método experimental.
- **Aristarco** (aprox. 320-250 a.C.) afirmó que la Tierra gira alrededor del Sol (teoría heliocéntrica) y que las estrellas parecen fijas en el firmamento porque están muy lejos de nosotros. Además, calculó las distancias entre el

Sol, la Luna y la Tierra con un método válido aunque con unos instrumentos inadecuados. Por este motivo erró en su cálculo. La teoría geocéntrica, propuesta por **Eudoxo** alrededor del año 370 a.C. y perfeccionada por Hiparco y Tolomeo, unos 250 y 500 años después respectivamente, sería la que perduraría hasta la época de Copérnico.

- **Arquímedes** (aprox. 287-212 a.C.) fue el científico más importante de la antigüedad. Enunció el principio de Arquímedes, estudió con detalle el principio de la palanca y desarrolló ideas sobre el centro de gravedad. Sus obras, traducidas al latín en 1544, sirvieron como inspiración a muchos pioneros de la ciencia moderna, entre ellos a Galileo.

1.2. El alto medioevo

En la época del **Imperio Romano** se cultivaron las letras, el derecho y la técnica, pero el progreso científico fue muy escaso. Posteriormente, Europa experimentó una decadencia muy notable, también en los aspectos científico y cultural. Aun así resaltan algunos autores como **Agustín de Hipona** por sus afortunadas intuiciones.

- San Agustín sostuvo que: «El Espíritu de Dios que hablaba por medio de los autores [bíblicos] sagrados, no quiso enseñar a los hombres estas cosas [de astronomía] que no reportan utilidad alguna para la vida eterna».
- Además según Roger Penrose y Paul Davies, san Agustín tuvo una intuición genial acerca de la relación espacio-tiempo cuando afirmó que el universo no nació en el tiempo sino con el tiempo, que el tiempo y el universo surgieron a la vez.
- Por último, san Agustín sugirió que Dios pudo servirse de seres inferiores para crear al hombre al infundirle el alma. Defendió que no todos los organismos y lo inerte salen de Dios, sino que algunos sufren variaciones evolutivas a partir de creaciones de Dios.

Durante el bajo imperio romano **los monasterios y abadías se dedicaron a proteger el legado cultural** clásico. Según Thomas Cahill, la civilización occidental fue salvada gracias a los monjes irlandeses y a la misión hiberno-escocesa. La cultura clásica fue preservada en los manuscritos recopilados y transcritos por los monjes irlandeses que se conservaron en las Islas Británicas. Con la llegada de Alcuino de York a la corte de Carlomagno, la cultura clásica se reintrodujo en el continente dando lugar al Renacimiento carolingio.

La **cultura árabe** también recopiló y desarrolló la herencia griega. Su influencia en la Edad Media fue notable y sirvió de puente entre la antigüedad y la época moderna. Los árabes:

- Asimilaron y tradujeron obras griegas de la antigüedad e hicieron posible la transmisión de saberes como la **matemática** y la **astronomía** griegas.
- Realizaron trabajos de **alquimia** cuyos resultados sirvieron de base para el desarrollo de la química moderna siglos más tarde. Los alquimistas se propusieron objetivos utópicos, como la transmutación de los metales en oro y la preparación de un elixir capaz de curar todos los males. Pero esos objetivos les permitieron obtener algunos resultados científicos válidos.
- Influyeron en el desarrollo del método experimental en ciencias como la **medicina** y la **física**.

1.3. El bajo medioevo

En el siglo XIII, la síntesis escolástica entre las ciencias, la filosofía y la teología alcanzó su máxima expresión.

- **Alberto Magno** realizó un trabajo enciclopédico, uniendo los elementos aristotélicos, judíos y árabes en una síntesis que incluía todos los conocimientos entonces disponibles sobre las ciencias naturales.
- **Tomás de Aquino** no realizó contribuciones a las ciencias naturales, pero sí hizo comentarios al *De Trinitate* de Boecio y a las obras aristotélicas dedicadas al estudio de la naturaleza. En esos comentarios advierte el carácter hipotético de las teorías de los astrónomos griegos y las relativiza señalando las diferencias que existen entre ellas: «No es necesario que las hipótesis que [los astrónomos] han propuesto sean verdaderas. En efecto, **aunque esas hipótesis permitan salvar los fenómenos observables, no es necesario decir que son verdaderas**, porque quizás los fenómenos referentes a las estrellas se puedan explicar de algún otro modo que todavía no conocemos».

  Es decir, una explicación hipotética no es una prueba suficiente, porque primero se admite lo que se intenta probar y después se deducen ciertos efectos que resultan ser verdaderos. Pero estos efectos se podrían explicar de otro modo. Aun así, Tomás de Aquino reconoce el valor del conocimiento científico y afirma la existencia de una verdad científica que se integra dentro del saber sapiencial propio de la metafísica y de la teología.

2. Origen de la Ciencia Experimental

2.1. Raíces tardo-medievales

A veces se presenta la revolución científica del siglo XVII como un acontecimiento abrupto; e incluso se sostiene que tuvo lugar precisamente cuando el pensamiento humano consiguió librarse del yugo de la metafísica y de la religión que, durante siglos y especialmente en la Europa cristiana medieval, habrían impedido el desarrollo de las ciencias naturales.

Este cliché no se corresponde con los acontecimientos históricos. La revolución científica del siglo XVII fue posible gracias a que el terreno estaba preparado y el cristianismo ejerció un influjo positivo en el nacimiento de la ciencia moderna, porque proporcionó una matriz cultural que estimuló el trabajo científico.

Esta **matriz cultural cristiana**, según el término acuñado por Jaki, se puede resumir en las siguientes afirmaciones:

- El mundo, obra de un Dios personal infinitamente sabio, es racional y posee un orden que puede estudiarse de modo científico.
- El hombre, hecho a imagen y semejanza de Dios, es capaz de conocer el orden natural.
- El hombre, además, tiene el mandato divino de conocer y dominar la naturaleza.
- Por último, el mundo, creado libremente por Dios, es contingente, podría ser de otra manera. Lo que implica que para conocer el mundo se requiere de observación y experimentación.

La ciencia experimental moderna presupone que **existe un orden natural estable que puede ser conocido** por nosotros. Ese orden natural tiene lugar en un **mundo contingente que se conoce mediante observación empírica** y de modo limitado, debido a que **la inteligencia humana comienza a partir de los sentidos y también es contingente**. El cristianismo favoreció la aceptación de estos supuestos.

Muchos autores cristianos contribuyeron al origen de la ciencia experimental, pero su tarea precursora es tan abundante como poco conocida. A modo de introducción se puede señalar que:

- En **Oxford** la tradición de Grosseteste y Bacon fue continuada, en el siglo XIV, por autores como Richard Swineshead, John Dumbleton, Thomas Bradwardine y William Heytesbury.

- En **París** destacaron Jean Buridan (1300-1385) y Nicole Oresme (1325-1382). Buridan fue precursor del concepto moderno de inercia gracias a su teoría del *impetus*. Mientras que Oresme realizó importantes aportaciones en campos como las matemáticas, la ley del movimiento acelerado o la caída de los graves.
- En cuanto a **los escolásticos**: «su axioma de que el hombre podía comprender a Dios y al mundo inyectó en las mejores cabezas de la Europa occidental la creencia inapreciable (…) en la regularidad y uniformidad de la naturaleza, sin la cual nunca se hubiera intentado la investigación científica» (Dampier).

La revolución científica del siglo XVII fue posible gracias al trabajo previo, tanto teórico como empírico, desarrollado durante muchos siglos.

2.2. El nacimiento de la ciencia experimental

Desde el punto de vista histórico los primeros pasos de la ciencia experimental tuvieron lugar en los campos de la astronomía y la mecánica, así como en las relaciones entre ellas. Algunos de los personajes más significativos fueron:

- Nicolás **Copérnico** (1473-1543) propuso la teoría heliocéntrica según la cual la Tierra no se encontraba inmóvil en el centro del universo, sino que giraba en órbitas circulares alrededor del Sol como el resto de planetas del Sistema Solar.
- Johannes **Kepler** (1571-1630) descubrió que las órbitas planetarias eran elípticas no circulares y que en uno de los focos de la elipse se encontraba el Sol. Además, formuló las tres conocidas leyes sobre el movimiento de los planetas.
- Galileo **Galilei** (1564-1642) realizó importantes descubrimientos al observar la Luna, Venus, Júpiter y el Sol con el recién inventado telescopio; contribuyó al desarrollo de la ciencia de la mecánica; y criticó la física de Aristóteles argumentando a favor del sistema de Copérnico.
- Isaac **Newton** (1642-1727) publicó en 1687 sus *Principios matemáticos de la filosofía natural*. Ahí desarrolla la mecánica de un modo nuevo y formula la ley de la gravedad, permitiendo explicar muchos fenómenos físicos conocidos hasta entonces mediante un único sistema.

Con Newton la física moderna se consolidó definitivamente. A partir de este primer momento, la ciencia experimental se desarrolló en otras ramas como

la óptica, la electricidad y el magnetismo; la acústica y la termodinámica; la química y la teoría atómica; la biología, la teoría de la célula y la teoría de la evolución; la genética…

Desde el punto de vista conceptual el origen de la ciencia experimental tuvo lugar cuando el ideal clásico de ciencia como conocimiento demostrado, se combinó con el ideal del control de la naturaleza. Esa combinación era prácticamente inexistente hasta entonces. El enorme desarrollo de la ciencia experimental, que tuvo lugar a partir del siglo XVII, se explica por la **peculiar combinación de matemáticas y experimentación**. Las matemáticas proporcionan un instrumento preciso que permite relacionar enunciados y demostraciones teóricas rigurosas con los resultados de experimentos repetibles, medibles y controlables.

3. Consecuencias negativas del «éxito» de la ciencia experimental

Sin duda, las consecuencias positivas de la ciencia son muy notables y fácilmente apreciables. Sin embargo, en este apartado me gustaría centrarme en algunos **excesos interpretativos** que se han apoyado en el éxito de la ciencia para defender posturas filosóficas poco acordes con la realidad de los acontecimientos históricos o de la tarea científica. Estos excesos, en última instancia, pueden llegar a convertirse en un «enemigo» de la actividad científica, por lo que resulta interesante identificarlos.

3.1. El conflicto entre ciencia y religión

El nacimiento de la ciencia experimental fue acompañado de polémicas contra la filosofía natural clásica. Esta última, que se centraba en cuestiones filosóficas, contenía ciertas especulaciones científicas que en su mayoría fueron rechazadas por la nueva ciencia.

El éxito de la ciencia experimental abrió las puertas a **una nueva época**. El «siglo de las luces» presentaba a la ciencia como uno de sus avales ante la «edad oscura» medieval. Defendía la capacidad de la razón y de la experiencia para hacer frente a los desafíos del conocimiento. Reducía la religión, en el mejor de los casos, a un denominador común natural de tipo deísta. Criticaba la religión sobrenatural y el recurso a la autoridad e incluso identificaba a la religión con la superstición. Subrayaba los ideales de una sociedad liberal y secular, a la

vez que, alentaba la separación entre religión y mundo profano. Parecía que la ciencia proporcionaba la base necesaria para afirmar que **la humanidad había llegado a su mayoría de edad** y podía prescindir de los apoyos sobrenaturales tradicionales. Apoyada en la razón conseguiría su emancipación definitiva.

En la actualidad todavía se mantienen los ecos de la **presunta oposición entre ciencia y religión**. Ecos que no se sostienen desde un punto de vista histórico porque cada vez es más patente la influencia positiva del cristianismo en el desarrollo de la ciencia experimental.

El origen de la ***teoría del conflicto*** entre ciencia y religión remite a los libros *History of the Conflict Between Religion and Science* (1874) de J.W. Draper; y *A History of the Warfare of Science with Theology in Christendom* (1896), de A.D. White.
En la actualidad algunos libros como por ejemplo *Setting Aside All Authority: Giovanni Battista Riccioli and the Science against Copernicus in the Age of Galileo* (2015) de Christopher M. Graney se esfuerzan por revisar históricamente la honesta contribución de los autores cristianos al acervo científico.

3.2. El cientificismo

Conforme se ha afianzado el progreso científico, el cientificismo ha ganado cierta fuerza. Según esta postura **la ciencia sería el único conocimiento válido o por lo menos el modelo o paradigma de todo conocimiento**. El resto de conocimientos, también las humanidades, deberían emplear el método científico o bien considerarse como subjetivas.

El cientificismo es **el convencimiento de que la ciencia ya no se puede entender como *una* forma posible de conocimiento, sino que el conocimiento se debe identificar con la ciencia**.

Esta creencia está basada en una imagen falsa de la ciencia. No tiene sentido afirmar que la ciencia experimental es el paradigma de todo conocimiento válido si esta misma afirmación no es una afirmación científica, como de hecho no lo es.

Para abandonar este callejón sin salida es necesario **adoptar una perspectiva metafísica** que responda fielmente a las exigencias de la experiencia humana y sea coherente con las ciencias. Si no se admite la validez de esa perspectiva, ni siquiera tendría sentido decir nada acerca del valor y el alcance de la ciencia.

Una perspectiva de este tipo es muy amplia, y dentro de ella caben diferentes acentos, incluidos los religiosos. Su legitimidad es evidente si se tiene en cuenta que la discusión acerca del valor de la ciencia exige, por su misma naturaleza, adoptar una perspectiva meta-científica.

3.3. La fragmentación del saber

El desarrollo de la ciencia experimental ha creado un ámbito de conocimientos que solo es accesible a los especialistas. La multiplicación de nuevas disciplinas y conocimientos hace que, incluso dentro de una misma rama de la ciencia, existan diferentes compartimentos, de tal modo que al especialista de uno de ellos puede resultarle difícil entender el trabajo de un colega en otro ámbito de su misma disciplina.

Es cierto que muchos científicos actuales cultivan intereses culturales y filosóficos. Sin embargo, **la comunicación entre las ciencias y las humanidades se ve dificultada ya no solo por (1) la creciente especialización, sino también por (2) el diferente tipo de mentalidad que suponen y cultivan cada una de ellas**.

Se siente la necesidad de conectar esos dos ámbitos, que se presentan como diferenciados e incluso separados. Pero, de hecho, los especialistas de diferentes áreas utilizan lenguajes diferentes y no es fácil obtener resultados comunes.

> Desde finales del siglo XX, se ha generalizado la publicación de libros de contenido científico, que además de divulgar la ciencia presentan reflexiones filosóficas. A esta corriente se le denomina ***popular science***. Una buena y honesta divulgación científica, que no siempre se da, es un buen paso hacia la auténtica interdisciplinariedad.

El concepto de ***interdisciplinariedad*** se utiliza para subrayar la necesidad de que especialistas de diferentes áreas colaboren en proyectos comunes para proporcionar una comprensión unitaria y completa de los problemas humanos. Uno de estos problemas es precisamente la idea que se tiene del mundo y de la posición que el hombre ocupa en él.

Sin embargo, cuando los especialistas de un área se aventuran a establecer conexiones con otras áreas, es fácil extrapolar la mentalidad propia de su especialidad a ámbitos que exigen conceptos y métodos diferentes. El resultado no suele ser una auténtica síntesis de conocimientos, sino una confusión todavía mayor de la que existía al principio. **La necesaria síntesis entre las ciencias y las humanidades exige el trabajo riguroso de los especialistas de ambos campos, en una colaboración que evite extrapolaciones y síntesis superficiales**. En este ámbito la filosofía de la ciencia tiene mucho que aportar.

Ejercicio 1. Vocabulario

Identifica el significado de las siguientes palabras y expresiones usadas:

- Presocráticos
- Pitagóricos
- Teoría geocéntrica
- Alquimia
- Teoría heliocéntrica
- Matriz cultural cristiana
- Observación empírica
- Los escolásticos
- Siglo de oro
- Edad oscura
- Teoría del conflicto
- Cientificismo
- *Popular science*
- Interdisciplinariedad

Ejercicio 2. Guía de estudio

Contesta a las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son las primeras ideas precursoras de la ciencia que aparecen con los griegos?
2. ¿A quién se puede considerar como el científico más importante de la antigüedad?
3. ¿Quién fue el primero en afirmar que la Tierra gira alrededor del Sol?
4. ¿Quiénes fueron los principales autores que contribuyeron a formular la teoría geocéntrica?
5. ¿Qué afortunadas intuiciones tuvo san Agustín? ¿Y con qué teorías o discusiones actuales piensas que se relacionan?
6. ¿Podrías explicar en qué consiste el argumento de santo Tomás de Aquino en relación a las teorías astronómicas?
7. ¿Cuáles son las cuatro ideas en las que se puede sintetizar la «matriz cultural cristiana»?
8. ¿Cuándo nació la ciencia experimental? Desde un punto de vista histórico y desde un punto de vista conceptual.
9. ¿A la contribución inicial de qué autores se debe que la relación entre ciencia y religión se entienda como un conflicto?
10. ¿Cómo se puede salir del cientificismo?

11. ¿Por qué dos motivos es difícil el diálogo entre las disciplinas científicas y las humanidades?
12. ¿Con qué dificultades se enfrenta la interdisciplinariedad?

Ejercicio 3. Comentario de texto

Lee el siguiente texto y haz un comentario personal utilizando los contenidos aprendidos:

Aristarco de Samos (…) afirmó, 300 años antes de Cristo, que todos los planetas giran en torno al Sol. Así lo cuenta Carl Sagan en su célebre libro *Cosmos*:

«Durante la mayor parte de los 1800 años que separan a Aristarco de Copérnico, nadie conoció la disposición correcta de los planetas, a pesar de haber sido expuesta de modo perfectamente claro en el 280 a. de C. La idea escandalizó a algunos de los contemporáneos de Aristarco. Hubo gritos, como los dedicados a Anaxágoras, a Bruno y a Galileo, pidiendo que se les condenara por impiedad».

Ciertamente es sorprendente que no se aceptara la teoría correcta cuando ya había sido descubierta, y la explicación más cómoda es pensar que fue por los gritos de fanáticos inmovilistas. Pero lo cierto es que no hay pruebas de tal cosa, y sí de que los griegos tenían buenas razones para rechazar la teoría de Aristarco sobre bases puramente científicas. Entendían perfectamente que los movimientos de los astros se explicaban igual de bien con una Tierra móvil y un Sol fijo que con una Tierra fija y un Sol móvil. Pero ¿por qué suponer que la Tierra se mueve cuando es evidente que está fija? Hoy lo aceptamos sin rechistar porque nos lo han enseñado de pequeños, pero los antiguos griegos, no sometidos a este adoctrinamiento, tenían más sentido crítico que nosotros.

(…) El problema no está en la presunta irracionalidad o fanatismo de los griegos, sino en nosotros. Miramos el pasado con los ojos del presente y solo apreciamos lo que está en sintonía con nuestras ideas. Caemos así constantemente en valoraciones anacrónicas (…).

Juan Meléndez
De Tales a Newton, pp. 15-16

TEMA 3 LA REFLEXIÓN FILOSÓFICA SOBRE LA CIENCIA

La reflexión filosófica acerca de la ciencia experimental se ha visto condicionada por el grado de desarrollo de la ciencia en cada época, y por las ideas filosóficas que han pretendido interpretarla. El nacimiento de la ciencia experimental provocó interpretaciones que oscilaron entre los extremos representados por el racionalismo y el empirismo, corrientes que predominaron en los siglos XVII y XVIII. En el siglo XIX, el positivismo influyó en la idea que se tiene acerca de la ciencia, su valor, y su lugar dentro de la vida humana. Sin embargo, solo a partir de la década de 1920 la filosofía de la ciencia ha sido cultivada de modo sistemático.

SUMARIO

1. Posiciones filosóficas ante la Ciencia antes del siglo XX

1.1. Aristóteles

Para Aristóteles, la ciencia es **conocimiento cierto por medio de causas**. La ciencia rigurosa busca unos conocimientos universales y necesarios que se obtienen cuando conocemos las causas propias. Explicar algo consiste en determinar las causas de su existencia, de su modo de ser y de su actividad. Aristóteles distingue entre:

- Las **ciencias particulares** que estudian los modos concretos de ser. Se diferencian entre sí en función de su objeto y de la perspectiva que adoptan.
- Y la **metafísica** que estudia el ser de las cosas, llegando a conocimientos universales y necesarios que se refieren a las causas últimas de todo lo que existe. Estudia, por tanto, los principios que son comunes a todas las ciencias particulares, como por ejemplo el principio de no contradicción.

La **demostración** perfecta, según Aristóteles, parte de principios evidentes y se estructura a través de un **razonamiento silogístico**. El valor de las conclusiones del razonamiento dependerá del tipo de silogismo que se utilice.
Los **principios** que sirven como punto de partida de la demostración se obtienen por inducción a partir de la experiencia. La ***inducción*** es un procedimiento por el que se pasa de casos particulares a ideas generales. Mientras que la ***deducción*** es el procedimiento inverso que va de lo más general a las consecuencias particulares.

El **método científico aristotélico** consiste en obtener principios generales mediante inducción a partir de la experiencia. Luego, mediante razonamientos lógicos, esos principios se utilizan como premisas para deducir enunciados acerca de los objetos que se intenta explicar. De este modo se obtienen las explicaciones causales que constituyen las demostraciones científicas.

1.2. Racionalismo, empirismo y positivismo

La nueva física del siglo XVII se presentó como un **nuevo modo de conocer la naturaleza**. Inicialmente se denomina a sí misma como *filosofía natural* pero se distancia notablemente de la concepción aristotélica.

La obra principal de Isaac Newton que señala el nacimiento de la ciencia experimental se titula *Principios matemáticos de la filosofía natural*.

La nueva ciencia subraya la **importancia de las matemáticas y de la experiencia**. A la vez que niega la realidad de conceptos aristotélicos como cualidad,

forma, sustancia o fin. La influencia de René Descartes y Francis Bacon es clara.

- **René Descartes**, con su **racionalismo**, intenta construir una ciencia que consiga un asentimiento universal y perfecto. Para eso se debe partir de una evidencia indudable: la existencia del sujeto pensante. A partir de ahí, se avanza mediante la utilización de una lógica rigurosa y de ideas claras y distintas que, en el caso de la naturaleza, se relacionan con las matemáticas, hasta llegar a las conclusiones.
- **Francis Bacon**, con su **empirismo**, pone el énfasis en la experiencia. El método inductivo, de generalizaciones a partir de la observación, sería la característica esencial de la nueva ciencia.

Sin embargo, ninguno de los dos autores, ni sus sucesores, consigue expresar bien cómo funciona la nueva ciencia. **La ciencia experimental combina teoría y experimentación**. El racionalismo y el empirismo clásicos insisten de modo excesivamente unilateral en uno de esos dos elementos, y no consiguen proporcionar una imagen adecuada de la nueva ciencia. El racionalismo se olvida del aspecto empírico de la ciencia. Mientras que el empirismo no consigue explicar la componente racional de la ciencia. Esta componente racional se observa tanto en la construcción de los conceptos, de los enunciados y de las teorías científicas, como en los procedimientos experimentales y las interpretaciones que se hacen para comprobar la validez de las teorías.

- **Kant** intentó formular una **síntesis del racionalismo y del empirismo**. Consideró que la mecánica newtoniana tenía un valor definitivo y pretendió justificar filosóficamente su validez. Las características del espacio y tiempo absolutos de Newton fueron elevadas por Kant al nivel de condiciones de posibilidad de todo conocimiento sensible y la nueva física fue considerada como el modelo de hacer ciencia. Un modelo que cumplía con la universalidad y necesidad exigidas por la ciencia clásica.

La síntesis kantiana es más bien una **yuxtaposición poco satisfactoria** de lo racional y de lo empírico. Se encuentra condicionada por un deseo racionalizador cartesiano y fascinada por la mecánica newtoniana, dejando poco espacio al estudio real de la ciencia.

- **Augusto Comte** fue el precursor de la sociología moderna que, basándose en la perspectiva científica, pretendía conseguir una reorganización de la sociedad. Según su enfoque **positivista**, la ciencia (1) es la máxima expresión del conocimiento y (2) se limita a relacionar fenómenos observables.

La ciencia debe renunciar al conocimiento de las causas y a toda especulación metafísica y religiosa.

Esta imagen positivista de la ciencia es muy pobre y no se corresponde con la realidad por dos motivos. Primero porque la ciencia experimental no es el juez último del conocimiento humano: más bien se apoya en la racionalidad humana. Y segundo porque la ciencia proporciona muchos conocimientos sobre dimensiones de la realidad que se encuentran muy alejadas de las posibilidades de observación.

Las raíces de estas tres corrientes, racionalista, empirista y positivista, todavía tienen sus efectos sobre la filosofía de la ciencia actual.

2. El dilema al que se enfrenta la ciencia

El **problema de fondo** es dirimir ***si la ciencia experimental puede ser un conocimiento demostrativo por medio de verdaderas causas***.

Las corrientes filosóficas señaladas anteriormente más que comprender el fenómeno de la ciencia experimental parecen exigirle que se comporte de un modo concreto.

Se anhela que la ciencia experimental responda al ideal aristotélico para tener un conocimiento bien fundamentado. Se quiere que las demostraciones científicas se basen en «premisas verdaderas, primeras, inmediatas, más conocidas, anteriores y causas de las conclusiones» (Aristóteles). Se busca un conocimiento de la naturaleza que sea cierto, en el sentido cartesiano del término.

De este modo, le hacen un flaco favor a la ciencia experimental. Porque **en la ciencia los principios no son tan evidentes** como le gustaría a una visión lógico-racionalista de la actividad científica, **ni los hechos tan puros** como le gustaría a los empiristas o positivistas.

> La mecánica newtoniana se basa por ejemplo en que un cuerpo, sobre el cual no actúa ninguna fuerza exterior, persevera indefinidamente en movimiento rectilíneo con velocidad constante, si ya se encontraba en movimiento. Y ese principio no es evidente. Tampoco lo es concentrar la masa de un objeto como el Sol en un solo punto.
> De igual modo la observación de la temperatura no es un hecho puro, está mezclada con la definición del concepto de temperatura o con los criterios que se hayan definido para medirla. El científico no se sienta simplemente a observar.

Los principios científicos se adquieren de modo creativo, hipotético y empírico; y se justifican mediante las consecuencias que de ellos se deducen.

Además, la comprobación experimental de dichas consecuencias no es suficiente para demostrar la verdad de los principios.

Por otro lado, **la ciencia no se centra simplemente en relacionar fenómenos observables** y utilizar ese conocimiento para conseguir un dominio controlado de los fenómenos, como querría el positivismo.

La misma actividad científica nos muestra algunas realidades y conocimientos científicos bien establecidos como la existencia del ADN. Nos proporciona un conocimiento verdadero pero no una certeza cartesiana, un conocimiento cierto purificado de todo error. Entonces la cuestión sigue abierta: **¿qué tipo de verdad nos proporciona la ciencia?**

3. Nacimiento y desarrollo de la Filosofía de la Ciencia

El nacimiento de la filosofía de la ciencia coincidió con la crisis que se dio en las ciencias en los albores del siglo XX. Los conceptos fundamentales de la física clásica, que se consideraba como un edificio básicamente acabado y que proporcionaba el esqueleto de toda la ciencia natural, resultaban insuficientes.

3.1. Las dos «nubecillas»

A finales del s. XIX, Lord Kelvin se atrevió a decir que solo dos pequeñas «nubecillas» arrojaban sombras sobre el majestuoso panorama de conocimiento que había construido hasta ese momento la nueva física.

> Estas dos nubecillas eran el resultado del experimento de Michelson-Morley, que había fallado en su intento de detectar la existencia del éter; y la radiación del cuerpo negro, es decir, la incapacidad de la teoría electromagnética clásica de predecir la distribución de la energía radiante de un objeto idealizado llamado cuerpo negro.

Lord Kelvin no pudo predecir que, al tratar de disipar esas dos «nubecillas», la física se vería arrastrada a **dos revoluciones: la de la teoría de la relatividad y la de la física cuántica**. Estos cambios fueron acompañados de **nuevas reflexiones filosóficas** acerca de los métodos y conceptos de la ciencia.

La formulación de las teorías de la relatividad y de la mecánica cuántica se llevó por delante no tanto la mecánica de Newton, que se sigue enseñando y es válida en el contexto adecuado, como la imagen de ciencia que se tenía. Se acabó con el anhelo de conocimiento bien fundamentado desde los principios, pero se buscó ese conocimiento bien fundamentado de un modo distinto.

Las nuevas revoluciones científicas parecían dar la razón a los empiristas que exigían que solo se admitieran en la ciencia conceptos que pudieran definirse rigurosamente a partir de la observación. En cualquier caso, a partir de estas dos revoluciones, la filosofía de la ciencia se centró más en **observar cómo funciona la ciencia** que en buscar el ideal de ciencia.

Las dos grandes revoluciones de la física, la relatividad y la teoría cuántica, proporcionaron abundante material para la reflexión filosófica y contribuyeron a que la naciente filosofía de la ciencia adquiriera una consistencia cada vez mayor.

Ernst Mach fue uno de los autores que más influencia ejerció en esta nueva fase. Su postura era:

- ***Fenomenista***: afirmaba que la ciencia solo trata acerca de los fenómenos. Pretender alcanzar una realidad más allá de las apariencias tal como se presentan en la experiencia sería una pretensión imposible.
- ***Instrumentalista***: sostenía que la ciencia tiene como finalidad la *economía del pensamiento*, o sea, enunciar leyes y teorías que ahorrarían muchas experiencias, pero de las cuales no se podría decir realmente que fueran verdaderas o falsas.

Su postura daría a luz al **instrumentalismo** que forma parte de una corriente un poco más amplia denominada **convencionalismo**. Ambas posturas sostienen que no se puede demostrar la verdad de las hipótesis físicas mediante datos de observación. Siempre es posible formular teorías diferentes que den razón de los mismos datos. Detrás de este enfoque y su reconocimiento de las limitaciones subyace todavía el ideal de fundamentar completamente la ciencia.

> «Toda ley física es una ley aproximada; por consiguiente, en pura lógica, no puede ser verdadera ni falsa; cualquier otra ley que represente las mismas experiencias con la misma aproximación puede pretender, con tanto derecho como la primera, el título de ley verdadera, o, para hablar más exactamente, de ley aceptable» (Duhem).

3.2. El neopositivismo y el Círculo de Viena

El neopositivismo o «**empirismo lógico**» fue inicialmente propuesto por los miembros del Círculo de Viena en su manifiesto programático en 1929, *La concepción científica del mundo*. En él, Rudolf Carnap, Hans Hahn y Otto Neurath afirman que «solo hay conocimiento a partir de la experiencia, que descan-

sa sobre lo inmediatamente dado»; y añaden que «el significado de cualquier enunciado de la ciencia debe poder ser reducido a enunciados acerca de lo dado».

Los miembros del círculo de Viena crearon un ***criterio empirista de significado*** o **principio de significación** para clasificar todos los enunciados. Estos podían ser:

- **Enunciados con sentido**, que se referirían a estados de cosas que pueden verificarse empíricamente. Estos enunciados podrían ser verdaderos o falsos. Un ejemplo de enunciado con sentido sería: «la temperatura de este cubito de hielo es 0ºC». Porque los conceptos se refieren cosas verificables empíricamente.
- **Enunciados sin sentido**, que serían enunciados mal construidos desde el punto de vista de la lógica. No podrían ser verdaderos ni falsos porque no corresponderían a estados de cosas que se pudieran comprobar empíricamente. Un ejemplo de enunciado sin sentido para los neopositivistas sería: «Dios es bueno», porque no podemos reducir los conceptos Dios y bueno a algo verificable mediante control experimental.

Con este criterio el neopositivismo considera cualquier enunciado de tipo metafísico como «sin sentido». **La ciencia empírica sería el único conocimiento válido de la realidad y debería limitarse a establecer relaciones entre datos observables**. La verificación empírica de los enunciados consistiría en una reducción lógica a los datos de los sentidos, a *lo dado* por la experiencia. Los conceptos temperatura, hielo, 0ºC, Dios, bueno… tienen que ser reducibles a la experiencia.

Sin embargo, esta exigencia es imposible de cumplir, porque **no existen datos puros independientes de toda teoría**. Conceptos como *temperatura* o *0ºC* están imbuidos de teoría científica. Es más, **la ciencia experimental existe y progresa gracias al empleo creativo de construcciones e interpretaciones que van mucho más allá de lo dado en la experiencia**.

En resumen, la **observación** y la **lógica** juegan un papel central en la ciencia experimental, pero la empresa científica incluye en cada uno de sus pasos una fuerte dosis de **creatividad** e **interpretación**. Los conceptos, los enunciados y las teorías de la ciencia no pueden reducirse de modo puramente lógico a experiencias sensibles.

Los neopositivistas nunca consiguieron probar sus diferentes versiones del **principio de significación**. La misma tesis de que solo el conocimiento pro-

porcionado por las ciencias es válido no es una conclusión de ninguna ciencia concreta.

Como Karl Popper hizo notar «los positivistas, en sus ansias de aniquilar la metafísica, aniquilan juntamente con ella la ciencia natural». En la actualidad, los científicos suelen ser conscientes de los límites de su ciencia. Sin embargo, la mentalidad neopositivista sigue estando presente.

3.3. Instrumentalismo y convencionalismo

Tanto el instrumentalismo como el convencionalismo (1) niegan que se pueda hablar de *verdad científica*, y (2) reducen los enunciados de la ciencia a construcciones nuestras que tendrían un valor puramente convencional, como instrumentos útiles para lograr el dominio sobre la naturaleza.

El auge de ambas corrientes se debe a que las grandes teorías de la física matemática del siglo XX necesitaban recurrir a **modelos y construcciones muy abstractos**, cuya relación con la realidad es bastante indirecta. Parece lógico, por tanto, negar que esas construcciones teóricas sean una simple traducción de la realidad.

Sin embargo, el desarrollo más reciente de la biología y de otras disciplinas científicas que estudian los sistemas naturales organizados proporciona nuevos **modelos y construcciones que tienen un sentido realista** mucho más directo que las construcciones de la física matemática. El conocimiento que tenemos sobre ellas parece más real que convencional. Las discusiones en torno al *realismo* son una de las cuestiones centrales de la filosofía de la ciencia.

Ejercicio 1. Vocabulario

Identifica el significado de las siguientes palabras y expresiones usadas:

- Ciencias particulares
- Metafísica
- Demostración
- Razonamiento silogístico
- Principios
- Inducción
- Deducción
- Racionalismo
- Empirismo
- Positivismo
- Filosofía Natural
- Fenomenismo
- Instrumentalismo
- Convencionalismo
- Empirismo lógico o neopositivismo
- Criterio empirista de significado
- Enunciados con sentido y sin sentido
- Verificación empírica
- Hechos o datos puros
- Principio de significación

Ejercicio 2. Guía de estudio

Contesta a las siguientes preguntas:

1. ¿En qué consiste el método científico aristotélico?
2. ¿Qué defiende el racionalismo y con qué autor comienza?
3. ¿Y el empirismo? ¿Y el positivismo?
4. ¿Cómo intenta resolver Kant las dificultades del racionalismo y del empirismo para proporcionar una imagen de la ciencia?
5. ¿Qué son y a qué dieron lugar las dos «nubecillas» de Lord Kelvin?
6. ¿A qué dilema se enfrenta la ciencia?
7. ¿Qué características definen la postura de Ernst Mach?
8. ¿Qué sabrías decir sobre el neopositivismo y sus fundadores?
9. Según el criterio empirista de significado o principio de significación, los enunciados se pueden clasificar en… Pon un ejemplo de cada caso.
10. ¿Qué tienen en común instrumentalismo y convencionalismo?

Ejercicio 3. Comentario de texto

Lee los siguientes textos y haz un comentario personal utilizando los contenidos aprendidos:

Puesto que la Ciencia no progresa auténticamente sino haciendo descubrimientos y detectando errores, es casi irresistible la tentación de considerar los descubrimientos del pasado como meros anticipos y contribuciones a la ciencia actual y borrar los errores suponiendo que no condujeron a ninguna parte.

Es precisamente esta tentación, que pertenece a la esencia de la Ciencia, la que puede hacernos más difícil algunas veces comprender cómo se realizaron de hecho los descubrimientos y cómo fueron consideradas las teorías por los autores en su propia época; tentación que puede llevar a la forma más insidiosa de falsificación de la Historia.

Alistair C. Crombie
Historia de la ciencia: de San Agustín a Galileo, p. 18

* * *

Compte formulaba (…) la idea muy extendida de que la filosofía y la religión son modos primitivos de pensamiento, y que con la ciencia hemos encontrado por fin la manera definitiva de acceder al conocimiento. En la raíz de esta confianza estaba el empirismo ingenuo: la visión de la ciencia como un proceso objetivo, que se basa en la observación y el análisis de los hechos, constatados sin prejuicios, y cuantos más mejor. Gracias a que se basa en los hechos objetivos la ciencia progresa necesariamente hacia un conocimiento seguro, en contraste con la religión o la filosofía, que, por sustentarse en meras opiniones o prejuicios, son subjetivas y no progresan. La ciencia sería así el único conocimiento realmente válido; en definitiva, *la única verdad*.

Juan Meléndez
De Tales a Newton, p. 318

TEMA 4

PRINCIPALES CORRIENTES ACTUALES EN LA FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

En la filosofía de la ciencia contemporánea se han propuesto muchas interpretaciones y muy diferentes entre sí sobre el papel de la actividad científica. Sin embargo, existe un consenso generalizado en considerar como especialmente influyentes a Karl Popper, Thomas Kuhn, Imre Lakatos y Paul Feyerabend. Estos autores han formulado los problemas y soluciones principales a las dos grandes cuestiones: el valor del conocimiento científico (problema del *realismo* frente al *instrumentalismo* y al *convencionalismo*) y las repercusiones que el carácter social de la ciencia tiene en vistas a la valoración de la ciencia.

SUMARIO

1. Karl R. Popper

1.1. Su relación con el neopositivismo y del marxismo

Karl Popper (1902-1994) compartió con el **neopositivismo** del Círculo de Viena un **gran interés por la ciencia** y por la filosofía de la ciencia. Aunque se distanció de ellos en su postura anti-teológica y anti-metafísica.

Algo similar se puede decir de su preocupación por los **problemas sociales** y su colaboración con el **comunismo** vienés. Compartió el mismo interés y, sin embargo, ante la muerte de varios jóvenes en una manifestación, se distanció del partido comunista. Sus jefes, lejos de la propaganda pacifista que difundían, le dijeron que así se aceleraba la causa por la que luchaban. Algo que no entendió.

Popper se preguntó con qué derecho se ponía en juego la vida de las personas en nombre de una teoría comunista que se presentaba como científica; y acabó criticando fuertemente el carácter seudo-científico del marxismo y del historicismo. **Se opuso a toda posición que le pareciera dogmática o autoritaria, o que obstaculizara la libertad, la creatividad y el progreso**.

> «El encuentro con el marxismo fue uno de los principales eventos de mi desarrollo intelectual. Me enseñó una serie de cosas que jamás he olvidado. Me reveló la sabiduría del dicho socrático: "Yo sé que no sé". Hizo de mí un falibilista y me inculcó el valor de la modestia intelectual. Y me hizo más consciente de las diferencias entre pensar dogmático y pensar crítico» (Popper).

1.2. Racionalismo crítico

- La postura filosófica de Popper se conoce como **racionalismo crítico**. Es una **actitud de razonabilidad** que respeta la libertad y ama la igualdad, la justicia y la paz. Se basa en una **fe en la razón** que implica una **decisión moral** de ser razonables.
- En el eje de su filosofía de la ciencia se encuentra la **asimetría lógica entre verificación y falsación**. Esta consiste en que, según las reglas elementales de la lógica, nunca podemos demostrar la verdad de una proposición universal de la ciencia. En cambio, un solo contraejemplo basta para mostrar que esa proposición es falsa o contiene alguna falsedad.
- De aquí se deduce la postura **falsacionista** de Popper. Niega que sea posible verificar los enunciados científicos y afirma que la falsación de esos

enunciados es el camino para el progreso científico. Al contrario de los neopositivistas, que buscaban un criterio positivo de verificación, para Popper **las teorías científicas nunca se pueden verificar**.

- El **progreso científico**, por tanto, se alcanza mediante un **método de *ensayo y eliminación de error***, o de *conjeturas y refutaciones*.
- El **método** no consiste en obtener enunciados ciertos mediante el método inductivo (como sugerían los neopositivistas) sino en **proponer hipótesis audaces** que van mucho más allá de lo que manifiesta la experiencia. Posteriormente, esas hipótesis se **someten a control experimental** para **detectar los errores** que contienen. El progreso se consigue mediante la paulatina eliminación de errores; y por lo tanto la ciencia es una **búsqueda sin término** de la verdad.
- Popper subraya la importancia del **método hipotético-deductivo** para progresar en el conocimiento científico: (1) ante los problemas se formulan hipótesis cuya verdad no se puede conocer de antemano; (2) para comprobar la verdad de esas hipótesis se deducen consecuencias particulares; (3) posteriormente se intenta comprobar la verdad de las consecuencias.
- Según el método hipotético-deductivo, **siempre es posible que los fenómenos se expliquen mediante causas diferentes de las que nosotros postulamos**. Partiendo de fenómenos observados, en pura lógica, no se puede llegar a conclusiones completamente ciertas.
- Luego Popper es **falibilista** pero también es **realista**. Admite la existencia de una verdad objetiva, pero niega que exista alguna certeza legítima. Nuestro conocimiento es siempre falible por lo que nunca podemos estar seguros de haber llegado a verdades definitivas. **La verdad sería asintótica**: podemos alcanzar conocimientos verdaderos, pero sin estar seguros de que los hayamos alcanzado.

1.3. Valoración

El racionalismo crítico con sus posturas falibilista y falsacionista puede ser una **buena herramienta metodológica** para el trabajo científico, pero es **insostenible en su estado puro**. Es cierto que nuestro conocimiento es siempre limitado y perfectible, pero eso no implica que nunca podemos alcanzar una certeza científica. Se pueden alcanzar conocimientos verdaderos aunque sean parciales y perfectibles.

La dificultad aparece cuando falibilismo y falsacionismo son erigidos como criterios esenciales de la ciencia experimental. Popper **queda prisionero del concepto racionalista de certeza** ya que identifica la certeza legítima con una demostración lógica total, con un conocimiento absolutamente perfecto de tipo cartesiano. Desde esa perspectiva lleva razón, pero ¿por qué necesitamos ese tipo de verdad rocosa? O mejor dicho, ¿acaso el ser humano con sus limitaciones puede alcanzar esa verdad? ¿No será más bien que tenemos que estar abiertos a la verdad en lugar de querer controlarla y tener la certeza absoluta de que la hemos alcanzado?

El ser humano puede alcanzar conocimientos verdaderos y saber que los ha alcanzado, aunque esos conocimientos sean siempre parciales y perfectibles. Los científicos llegan a obtener conocimientos verdaderos y saben cuándo los han obtenido.

> Popper se proclama realista: «sostengo el realismo porque constituye una parte del sentido común que, hasta ahora, no se ha visto alcanzado por la crítica y que no tenemos razones para abandonar». Pero también afirma que «el realismo no es ni demostrable ni refutable».

El Racionalismo Crítico de Popper es válido cuando significa la **actitud de razonabilidad** que lleva a la apertura mental ante nuevos datos y argumentos. Las confusiones surgen cuando se pretende extraer de las ideas de Popper una imagen completa de la ciencia en donde no cabe la inducción, la comprobación positiva o la certeza. Si no se admite la existencia de certezas legítimas, es muy difícil evitar caer en el **convencionalismo**.

Popper subraya correctamente los elementos de **creatividad e interpretación** que se encuentran en cada paso del método científico, pero simplifica indebidamente otros aspectos reales de la ciencia:

- Reduce la actividad científica al empleo del método hipotético-deductivo; y cae en un **anti-inductivismo** extremo que no reconoce el papel vital de la inducción en la actividad científica.
- Reduce las teorías de la ciencia a la consideración de sus aspectos lógicos, a las relaciones lógicas entre los enunciados científicos; y cae en una especie de **logicismo** que sobredimensiona el aspecto lógico de la ciencia.
- Identifica el carácter parcial y aproximado de muchas afirmaciones científicas tanto con su carácter hipotético y conjetural como con su *actitud racional o crítica* de no dar nunca nada por definitivo y de buscar siempre contraejemplos. Por lo que **no explica los logros positivos de la ciencia**.

Popper basa su filosofía en una **fe *irracional* en la razón**, bajo la que subyace la afirmación de la dignidad de la persona humana, de su libertad, de su responsabilidad, de la igualdad básica entre todos los hombres, de la paz y de la tolerancia. Si se acepta una metafísica abierta a la trascendencia, estos valores encuentran una justificación; en cambio, en el agnosticismo de Popper solo pueden ser justificados por sus consecuencias beneficiosas.

2. Thomas S. Kuhn

2.1. La estructura de las revoluciones científicas

Thomas Kuhn (1922-1996) realizó un análisis de la tarea científica desde una perspectiva completamente novedosa respecto al modo en que se había entendido la filosofía de la ciencia hasta entonces. En su obra *La estructura de las revoluciones científicas* Kuhn analiza las ciencias de la naturaleza desde un **enfoque histórico-sociológico**. Examina el desarrollo histórico real de la ciencia y estudia el comportamiento de los científicos: cómo utilizan, aceptan o rechazan las teorías de la ciencia. Fruto de su estudio distingue entre dos tipos de actividad científica que se darían en la práctica real: la *ciencia normal* y la *ciencia extraordinaria*.

2.2. Ciencia normal

La ***ciencia normal*** sería el tipo de actividad científica que se da cuando la comunidad científica admite determinadas teorías sin discusión. Este **conjunto de teorías aceptadas por la comunidad científica** se denomina **paradigma** y marca la pauta de las investigaciones científicas. Los científicos se esfuerzan por estudiar y resolver problemas concretos a la luz de esas teorías. No se plantean cuestiones básicas acerca de las teorías utilizadas, sino problemas concretos dentro del ámbito de esas teorías.

El hecho de que los científicos admitan colectivamente un paradigma es positivo ya que permite que la ciencia progrese. Hace posible que los científicos se concentren en la resolución de problemas concretos, dando lugar a un avance que en otro caso no se produciría.

> La ciencia normal de Kuhn difiere esencialmente de la actitud crítica de Popper. El científico dedicado a la ciencia normal no busca en absoluto la refutación de las teorías que constituyen el paradigma. Si no que trabaja dentro del paradigma y busca nuevas aplicaciones de tales teorías. Popper reconoció la existencia de la

> ciencia normal aunque le disgustaba porque la consideraba un peligro para esa actitud crítica que todo científico debería tener.

Sin embargo, la ciencia normal no siempre progresa. Con frecuencia van apareciendo problemas que no se logran resolver. Son **anomalías** que se van acumulando. Estas anomalías pueden crecer en número y envergadura de tal modo que **con el tiempo provoquen una crisis** y se cuestione la validez del paradigma.

2.3. Ciencia extraordinaria

La ***ciencia extraordinaria*** es el tipo de actividad científica que se realiza cuando se buscan nuevas teorías capaces de solucionar la crisis. Si se encuentran y llegan a admitirse en la comunidad científica, puede surgir un nuevo paradigma, fruto de una *revolución científica*.

Las ***revoluciones científicas*** no surgen sin más, sino que son un efecto del desarrollo de la ciencia normal. Las anomalías se van acumulando y la revolución científica surge para dar respuesta a esos problemas. Dichas revoluciones dan lugar a **nuevos paradigmas** que inauguran una nueva etapa de ciencia normal.

> En palabras de Kuhn: «las revoluciones científicas se consideran aquí como aquellos episodios de desarrollo no acumulativo en que un antiguo paradigma es reemplazado, completamente o en parte, por otro nuevo e incompatible».

En el periodo de ciencia extraordinaria, **el progreso no es acumulativo**.

2.4. La inconmensurabilidad de los paradigmas

Ahora bien **¿cómo llega a admitirse un nuevo paradigma?**

- Tanto para Popper como para la filosofía neopositivista la respuesta era sencilla: los nuevos paradigmas se admiten **mediante *argumentos lógicos***.
- Sin embargo, para Kuhn **los paradigmas son *inconmensurables*** por lo que el reemplazo no es ni sencillo ni una cuestión de argumentación lógica. Los paradigmas son visiones distintas de la naturaleza y no existe un criterio básico que permita compararlos.

Las revoluciones científicas cambian «el concepto del mundo» y por lo tanto **el nuevo paradigma no se admite única o principalmente en base a argumentos lógicos**. No existen datos neutrales de experiencia que sirvan para

comparar las consecuencias del antiguo paradigma y del nuevo. Cada paradigma provoca un modo diferente de considerar la naturaleza y de enfocar los problemas científicos.

> Kuhn afirma que «la competencia entre paradigmas no es el tipo de batalla que pueda resolverse por medio de pruebas». Cuando se propone un nuevo paradigma, los conceptos y experimentos antiguos se ven de un modo diferente, de tal modo que «quienes proponen los paradigmas en competencia practican sus profesiones en mundos diferentes».

Según Kuhn, el cambio de paradigma se produce cuando **la comunidad científica llega a admitir el nuevo paradigma tras un *proceso de conversión***. Las nuevas teorías científicas son normalmente admitidas porque (1) surge una nueva generación de científicos que vienen con la nueva teoría *incorporada* y (2) la teoría da frutos y alcanza explicaciones novedosas.

Es decir, las nuevas teorías no se admiten porque sus oponentes racionalmente vean la fuerza de los argumentos, sino más bien porque los oponentes van muriendo y el nuevo paradigma se presenta a los ojos de los nuevos científicos como más prometedor que el anterior, debido tanto a los resultados iniciales como a las expectativas. Se trata más bien de una conversión que implica cierto **salto irracional hacia lo desconocido aunque prometedor**.

Kuhn reconoce la existencia de razones que pueden inducir a la aceptación de nuevas teorías como son la mayor precisión cuantitativa o la capacidad para resolver problemas. Aun así subraya que la aceptación de las nuevas teorías no se realiza en base a argumentos decisivos.

> «La transferencia de la aceptación de un paradigma a otro es una experiencia de conversión que no se puede forzar». «Es necesaria una decisión entre métodos diferentes de practicar la ciencia y, en esas circunstancias, esa decisión deberá basarse menos en las realizaciones pasadas que en las promesas futuras… una decisión de esta índole solo puede tomarse con base en la fe» (Kuhn).

2.5. Valoración

El esquema de Kuhn **ha tenido un enorme éxito**, debido a su aparente sencillez, y se ha aplicado con profusión a las ciencias naturales, a las ciencias humanas y a todo tipo de actividades. El concepto de paradigma ha entrado de lleno en el lenguaje académico y en algunos casos lo ha rebasado.

La postura de Kuhn se combina y complementa con la de Popper. Ambos se deben tener en cuenta para conseguir una representación fiel de la ciencia tal

y como se da en la realidad. **Popper subraya los aspectos lógicos y racionales; mientras que Kuhn recalca los aspectos sociológicos e históricos**.

El peligro del enfoque lógico es olvidar la existencia de factores institucionales que desempeñan un papel importante en el desarrollo de la ciencia. En cambio, el peligro del enfoque sociológico-histórico es olvidar que el problema central de la ciencia es la búsqueda de la verdad. De hecho **Kuhn rechaza el concepto de verdad** como adecuación con la realidad.

> Kuhn afirma que «lo que está fundamentalmente en juego es más bien la teoría de la verdad como correspondencia, la noción de que el objetivo, cuando evaluamos leyes o teorías científicas, es determinar si corresponden o no a un mundo externo independiente de la mente. Es esta noción, sea en su forma absoluta o probabilista, lo que estoy persuadido de que debe desaparecer junto con el fundacionalismo. Lo que la reemplace todavía requerirá una concepción fuerte de la verdad, pero no, excepto en el sentido más trivial, verdad como correspondencia».

Pero, si no hay adecuación entre la actividad científica y la realidad, entonces ¿qué hacen los científicos en sus experimentos? Si no descubren una verdad que se relaciona de algún modo con la realidad, entonces ¿qué descubren?

3. Imre Lakatos

3.1. Entre Popper y Kuhn: Reconstrucción racional de la historia científica

Imre Lakatos (1922-1974) fue discípulo y colaborador de Popper. Ante la situación creada por las ideas de Kuhn, Lakatos intentó situarse del lado de Popper, pero se vio en la necesidad de introducir nuevas explicaciones para salvar la racionalidad científica popperiana. Para Lakatos, el triunfo de **la teoría de Kuhn significaría el triunfo del *irracionalismo*** en todos los órdenes, ya que ni siquiera en la ciencia experimental, considerada por muchos como el prototipo de la racionalidad, sería posible tomar decisiones mediante argumentos racionales.

Lakatos quiere superar la irracionalidad de la postura de Kuhn. Para ello busca una ***teoría de la racionalidad científica*** y considera que si tal teoría no es posible, estaríamos inevitablemente avocados al ***escepticismo***.

Dicha teoría de la racionalidad científica es una explicación racional del desarrollo de la ciencia, es decir, una explicación de que el *progreso científico* se efectúa mediante *argumentos racionales*.

3.2. Tipos de falsacionismo

Para llevar a cabo su tarea, Lakatos comienza por distinguir tres tipos de falsacionismo:

- Un **falsacionismo dogmático** que permitiría demostrar de modo concluyente la falsedad de las teorías y obligar a abandonarlas. Sin embargo, este falsacionismo no existe porque (1) en la actividad científica hay muchos aspectos convencionales y porque (2) no existen hechos puros de experiencia. Desde la teoría hasta el experimento hay muchos elementos intermedios que hacen que un resultado negativo en el laboratorio no lleve inmediatamente a descartar una teoría.
- Un **falsacionismo metodológico** que consiste en admitir que podría rechazarse una teoría científica con base en la experiencia, mediante un acuerdo convencional sobre el valor que se otorga a los enunciados de experiencia. De este modo se reconoce la imposibilidad de demostrar la veracidad o falsedad de las teorías científicas, y a la vez se admite que la ciencia se desarrolla siguiendo unas reglas de juego racionales. Sin embargo, este tipo de falsacionismo no ha existido históricamente. La ciencia no avanza simplemente por la comparación de las teorías con la experiencia sino también por la comparación de diversas teorías que entran en competencia. Además, en la ciencia real no solo cuentan las falsaciones sino también las verificaciones.
- Un **falsacionismo sofisticado** que no tendría como objetivo evaluar teorías aisladas sino series, grupos o unidades de teorías que se encuadran dentro de ***programas de investigación***. Esta es la postura que defenderá Lakatos.

3.3. Los programas de investigación

Los **programas de investigación**, según Imre Lakatos, tienen dos partes:

- Un **núcleo** que es aquella parte del programa que se mantiene inmutable y no se somete a revisión. Es decir, sobre el que se aplica una **heurística negativa**.
- Unas **hipótesis añadidas** que se someten a contrastación y que, en su caso, se reajustan o incluso se abandonan en función del resultado de los experimentos. Sobre estas se aplica por tanto una **heurística positiva**: se puede cambiar y someter a control experimental sin que afecte al programa de investigación.

Según Lakatos, los programas de investigación se pueden rechazar, pero solo cuando se disponga de un nuevo programa de investigación que incorpore los éxitos del anterior y dé respuesta a nuevos datos científicos. En la práctica este proceso de comparar los programas de investigación sería difícil, largo y costoso. Aun así, Lakatos propone un modo de diferenciar los programas de investigación: habría programas progresivos y degenerativos.

- En los **programas de investigación progresivos** la teoría va por delante de la experimentación y se consigue predecir con éxito nuevos resultados experimentales.
- Mientras que en los **programas de investigación degenerativos** la teoría va por detrás de la experimentación y se va modificando para conseguir explicar los nuevos datos que aportan los experimentos.

Los programas progresivos tienen más posibilidades de salir victoriosos en una comparación con los degenerativos.

3.4. Valoración

Lakatos formula una metodología que le sirve para reconstruir la historia de la ciencia mostrando cierta racionalidad. De este modo pretende superar el escepticismo al que llevaría sostener que, debido al aspecto de conversión irracional de revoluciones científicas, no es posible reconstruir racionalmente el desarrollo científico.

Sin embargo, esta postura ofrece serias dificultades. La historia de la ciencia es variada y los factores reales que intervienen en ella complejos. La estructura creada por Lakatos difícilmente se puede aplicar a episodios pasados de la historia de la ciencia; y con menos razón sirve para extraer criterios que puedan dirigir la ciencia presente. A Lakatos le preocupa más realizar una **reconstrucción racional de la historia** de la ciencia que estudiar **cómo funciona la ciencia en realidad**.

Por otro lado, Lakatos toma el procedimiento científico como patrón de racionalidad, sin que se haga referencia a la verdad o realidad del conocimiento. La *racionalidad* de Lakatos tiene poco que ver con la *verdad del conocimiento*. Más bien es una **racionalidad construida desde fuera** según ciertos esquemas interpretativos ajenos a la ciencia real.

> Es interesante advertir que Lakatos manifestó haber sido hegeliano durante veinte años hasta que, bajo el influjo del pensamiento de Popper, cambió su orientación filosófica.

La metodología de Lakatos tiene cierto interés como esquema interpretativo de algunos aspectos históricos del desarrollo de la ciencia, pero resulta **demasiado teórica**. Pretende superar el escepticismo, pero no lo consigue. Su propio planteamiento **cae en el escepticismo**, al entender el problema de la racionalidad como una reconstrucción de la historia de la ciencia en función de unos esquemas un tanto convencionales que **no tienen conexión con la verdad del conocimiento**.

4. Paul Feyerabend

En Paul Feyerabend (1924-1994) se pueden distinguir tres etapas, cada una de ellas marcada por un distanciamiento respecto a su etapa anterior.

En los años 1960, Feyerabend propuso una filosofía de la ciencia carente de base metafísica, que se limitaba a lo metodológico. Su objetivo era **dictar normas sobre cómo se debe hacer ciencia**. Una de esas normas era la **proliferación de las teorías** como modo de hacer progresar la ciencia. Aquí se nota claramente la influencia de Popper, aunque Feyerabend también se distancia de él porque no admite que la meta de la ciencia sea el descubrimiento de la verdad.

> En palabras de Feyerabend, «el método científico, así como las reglas para la reducción y la explanación conectadas con él, no se supone que describa lo que los científicos hacen de hecho. Más bien se supone que nos proporciona reglas normativas que deberían seguirse, a las cuales corresponderá más o menos de cerca la práctica científica actual. Es muy importante hoy en día defender esa interpretación normativa del método científico»

En los años 1970, Feyerabend advirtió tanto las dificultades de su postura previa como el influjo negativo del cientificismo y reaccionó contra ellos.

- Por un lado, **rechazó el aspecto normativo** de la filosofía de la ciencia, hasta el punto de que consideró que hablar de *metodología científica* es un contrasentido: a la ciencia no se le pueden dictar normas para su desarrollo. Cualquier intento de fundamentar una teoría de la racionalidad sobre metodologías tales como la de Popper acabaría fracasando. Feyerabend denominó a su nueva postura ***teoría anarquista del conocimiento***. En esta postura solo admite un principio de validez general: «**todo vale**».

> «El anarquista epistemológico tratará de convencer a su auditorio de que la única regla universal de la que puede decirse honestamente que está en concordancia con los movimientos que ha de realizar un científico para hacer que su ciencia avance es todo vale».

- Por otro lado, Feyerabend también **rechazó el cientificismo**. El cientificismo afirma que la ciencia experimental es el único acceso válido a la realidad o, al menos, el modelo que cualquier otra pretensión de conocimiento debería imitar. Feyerabend denunció esta propuesta y señaló acertadamente que el cientificismo condiciona excesivamente muchos planteamientos de la epistemología contemporánea.

  En palabras de Feyerabend: «Hay dos preguntas que surgen en el curso de cualquier crítica de la razón científica, y son las siguientes: (i) ¿*Qué es la ciencia*?, ¿cómo procede, cuáles son sus resultados, cómo difieren sus procedimientos, estándares y resultados de los procedimientos, estándares y resultados de otras empresas? (ii) ¿*Por qué es tan importante la ciencia*?, ¿qué la hace preferible a otras formas de vida que utilizan estándares diferentes y que, en consecuencia, obtienen diferentes tipos de resultados? ¿Qué hace que la ciencia moderna sea preferible a la ciencia de los aristotélicos, o a la ideología de los azandas? Nótese que al intentar responder a la pregunta (ii) **no nos está permitido juzgar las alternativas a la ciencia mediante estándares científicos**».

Feyerabend tiene razón cuando describe la ciencia experimental como una empresa humana, y se equivoca cuando la considera como una *forma de vida* preferible a otras formas de vida. **La ciencia experimental no puede ser utilizada como orientación para los objetivos prácticos de la vida ordinaria**. Primero, porque la ciencia experimental se centra en lo particular; y después, porque a la larga la moral no sería una cuestión de conciencia sino que quedaría en manos de los científicos. Feyerabend, reacciona frente al cientificismo pero su propuesta de anarquismo epistemológico no es una alternativa adecuada.

En su última etapa, Feyerabend alcanzó un equilibrio que le llevó a **apartarse decididamente del anarquismo a ultranza**. En un reportaje publicado poco antes de su muerte Feyerabend declaraba: «Me educaron en la religión católica. Luego, durante un breve período de tiempo, fui un ateo beligerante, pero ahora mi filosofía tiene un cariz diferente. No puede ser que el universo simplemente haya hecho: ¡pum!, y haya seguido a partir de ahí, desarrollándose. ¿Hay algo más? ¡Tiene que haberlo!».

5. El realismo científico

La cuestión del realismo ha sido y sigue siendo un debate central en filosofía de la ciencia. En este apartado veremos las contribuciones de otros autores a este debate.

La postura **realista**, por una parte, sostiene:

- La existencia real de entidades, propiedades y procesos científicos, tal como son afirmados por las teorías científicas.
- Que el *éxito predictivo* de la ciencia experimental sería un auténtico milagro si no se admite que, de algún modo, la ciencia proporciona un conocimiento verdadero de la realidad.
- Que ese éxito se basa en la *convergencia de diferentes teorías*, que forman como una red entrelazada que se aplica, toda entera, en la actividad científica, de tal modo que, si el realismo es falso, nos encontraríamos con una suma increíble de coincidencias casuales que ¡funcionan!

Los **anti-realistas,** por su parte, subrayan que:

- Las entidades científicas son construcciones nuestras.
- Que nunca podemos demostrar de modo concluyente que una teoría es verdadera.
- Y que para explicar el éxito de la ciencia basta admitir que existe una cierta adecuación entre las teorías y los datos experimentales, sin que sea necesario afirmar que las teorías son verdaderas.

  Bas van Fraassen argumenta que todo lo que se requiere para la aceptación de las teorías es su adecuación empírica, y Larry Laudan que «dado el estado presente de la disciplina, solo puede ser una ilusión lo que provoca la pretensión de que el realismo, y solo el realismo, explica por qué funciona la ciencia».

Ambas posturas tienen su parte de razón.

- Por un lado, al científico que trabaja en teorías muy abstractas le basta con que las teorías correspondan de algún modo con los datos experimentales, sin que deba admitir que son una traducción de la realidad.

  Esto sucede, por ejemplo, en la física cuántica. Los quarks o el bosón de Higgs son entidades que remiten a fenómenos que a su vez tienen una relación lejana con lo que afirma la teoría. En esas condiciones, al científico le vale con que las teorías estén de acuerdo con los datos y sirvan para efectuar predicciones válidas.

- Por otro lado, la postura realista no pretende tanto explicar por qué funciona la ciencia como sostener que el éxito de la ciencia es un argumento a favor del realismo. El realismo es condición necesaria para la existencia y el progreso de la ciencia. Si no admitimos que nuestra capacidad cognos-

citiva nos permite alcanzar en alguna medida aspectos reales del mundo natural, toda la empresa científica carece de sentido. La existencia de progreso científico retro-justifica la existencia de una realidad que «responde» a las preguntas de los experimentos.

5.2. Realismo constructivo

Ronald Giere ha argumentado a favor de un **realismo constructivo** que pretende ser coherente con lo que hacen los científicos. Defiende ese realismo frente al empirismo de van Fraassen para quien lo único que se requiere de las teorías científicas es que se adecuen a los datos empíricos (que salven las apariencias), no que sean verdaderas.

Giere reconoce que **hay etapas de la historia de la ciencia**, como son la astronomía griega, la termodinámica al final del siglo diecinueve, o la teoría cuántica en el siglo veinte, **que reúnen las condiciones del anti-realismo** de van Fraassen. Se trata de teorías que estudian fenómenos naturales de los que se tienen pocos datos particulares. Para dar cuenta de ellos se construyen teorías bastante abstractas. Teorías que se adecuan al modelo empirista: están de acuerdo con los datos empíricos y sirven para realizar buenas predicciones.

A la vez hay también **muchas ciencias contemporáneas**, como la química, la biología molecular y la geología, que **son claramente realistas**. Son teorías que se refieren a fenómenos naturales muy organizados y estables de los que también se tienen muchos datos. Por lo tanto no se puede proporcionar un criterio uniforme y universal de verdad científica.

5.3. Conclusiones

El **grado de realismo alcanzable** depende (1) del nivel de **organización del objeto** que estudiamos y (2) de **las posibilidades de observarlo**.

La biología y la geología estudian sistemas altamente específicos y organizados. En cambio, cuando se estudian las propiedades más generales de la materia, o los componentes más pequeños del mundo físico, debemos limitar nuestro estudio a modelos bastante abstractos. En ambos casos **se busca la verdad, pero en algunas ocasiones no somos capaces de obtener representaciones realistas**. En esos casos la verdad solo se refiere a la correspondencia entre algunas formulaciones abstractas y los datos empíricos, entre las relaciones matemáticas y los valores medidos.

Por tanto, la **verdad científica es siempre contextual**, y cada contexto particular incluye las peculiaridades de los fenómenos que se estudian y las correspondientes posibilidades de representarlos usando nuestros modelos y conceptos.

Esto implica, por ejemplo, que las verdades básicas acerca de la estructura del ADN y de su papel fundamental en la genética no se intenten falsar. Mientras que en ámbitos matemáticos muy abstractos, hasta los modelos más apreciados se intentan falsar. Aun así **el realismo subyace en ambos casos, como marco general de la actividad científica**.

> En palabras de Nicholas Rescher: «Está claro que es **la *intención* de la ciencia declarar la Verdad**, con V mayúscula, acerca de las cosas. Sin este compromiso con la verdad perderíamos nuestro vínculo con la teleología de los objetivos que definen la naturaleza misma de la empresa de la investigación. El *telos* característico de la ciencia, después de todo, es el descubrimiento de hechos, proporcionar respuestas que pretenden ser verdaderas a nuestras preguntas acerca de lo que sucede en el mundo y por qué las cosas suceden como lo hacen».

«**El empirismo y el realismo conducen a dos tipos diferentes de investigación científica**. Una investigación empirista buscará solo nuevos casos de concomitancias. La realista buscará conocer mejor las causas y sus efectos. La investigación científica se lleva a cabo de acuerdo con la perspectiva realista. Para dar cuenta de la *inteligibilidad* en la ciencia, es necesario admitir que el *orden* que se descubre en la naturaleza existe independientemente de la actividad humana. Ese orden consiste en la *estructura* y *constitución* de las entidades, y en las *leyes causales*. Para dar razón de la ciencia se requiere una *ontología* que proporcione una respuesta esquemática a la cuestión: *cómo debe ser el mundo para que la ciencia sea posible*.» (Artigas).

En resumen, **el realismo es un supuesto de la ciencia experimental que confiere significado a la empresa científica**. La ciencia experimental tiene sentido en la medida en que consiste en la búsqueda de la verdad, y el compromiso con esta tarea conlleva, como veremos más adelante, responsabilidad moral.

Ejercicio 1. Vocabulario

Identifica el significado de las siguientes palabras y expresiones usadas:

- Racionalismo crítico
- Neopositivismo
- Historicismo
- Instrumentalismo
- Convencionalismo
- Asimetría lógica entre verificación y falsación
- Falsacionismo
- Falibilismo
- Logicismo
- Método hipotético-deductivo
- Inductivismo
- Actitud de razonabilidad
- Ciencia normal
- Ciencia extraordinaria
- Paradigmas
- Revolución científica
- Comunidad científica
- Inconmensurabilidad
- Falsacionismo dogmático, metodológico y sofisticado
- Programas de investigación (progresivos y degenerativos)
- Teoría anarquista del conocimiento.
- «Todo vale»
- Realismo
- Anti-realismo

Ejercicio 2. Guía de estudio

Contesta a las siguientes preguntas:

1. Sintetiza en sus elementos centrales el pensamiento de K. Popper.
2. ¿Qué valoración o críticas se pueden hacer al enfoque de K. Popper?
3. Sintetiza en sus elementos centrales la postura de Thomas Kuhn.
4. ¿Qué valoración o críticas se puede hacer al planteamiento de Kuhn?
5. Haz una tabla comparativa de lo que diferencia a Popper de Kuhn.
6. ¿Cuáles son los elementos centrales de la postura de Imre Lakatos y cómo se relacionan con Popper y Kuhn?
7. ¿Qué crítica se puede hacer al enfoque de Lakatos?
8. ¿Qué caracteriza a las tres etapas de Feyerabend?
9. ¿Qué aporta Feyerabend al debate de los tres autores anteriores?

10. Compara las posturas realista y anti-realista (o empirista) y señala los argumentos a favor de una y otra.
11. ¿A qué conclusiones sobre el realismo se llega en este tema?

Ejercicio 3. Comentario de texto

Lee los siguientes textos y haz un comentario personal, a partir de los contenidos aprendidos, identificando al autor:

La «ciencia normal», en el sentido de Kuhn, existe… Que sea un fenómeno que a mí no me guste (porque lo considero un peligro para la ciencia) mientras que a él al parecer no le disgusta (porque lo considera «normal») es otra cuestión; una cuestión importante, sin duda. En mi opinión el «científico normal», tal como Kuhn lo describe, es una persona a la que habría que compadecer… En mi opinión, al «científico normal» se le ha enseñado mal… Como consecuencia ha llegado a ser lo que puede llamarse un «científico aplicado», en contraposición con lo que yo llamaría un «científico puro».

* * *

Se dice que un programa de investigación es progresivo en tanto que su desarrollo teórico anticipe su desarrollo empírico, es decir, en tanto que siga prediciendo con algún éxito hechos nuevos; es «paralizante» si su desarrollo teórico se rezaga con respecto a su desarrollo empírico, es decir, siempre que no ofrezca más que explicaciones «post-hoc» bien sea de descubrimientos casuales o bien de hechos anticipados por, y descubiertos en, un programa rival («cambio de problemas degenerativo»). Un programa de investigación «supera» a un rival si explica progresivamente más que este, en cuyo caso el rival puede ser eliminado (o, si se prefiere, «arrinconado»).

* * *

Las teorías del conocimiento –según yo las concibo– «evolucionan» al igual que todo lo demás. Encontramos principios nuevos, abandonamos los viejos. Ahora bien, hay algunas personas que solo aceptarán una epistemología si tiene alguna estabilidad, o «racionalidad» como ellos mismos gustan de decir. Bien: podrán tener, sin duda, una epistemología así y «todo vale» será su único principio.

TEMA 5

NATURALEZA DE LA CIENCIA EXPERIMENTAL

En este tema dedicaremos los primeros apartados a caracterizar las ciencias experimentales y a analizar su método. Después consideraremos el método de las ciencias humanas. Es lógico que se dedique una atención especial a la ciencia experimental, ya que, debido a su peculiar fiabilidad, suele tomarse como punto de referencia para valorar las demás ciencias. Esa comparación es, en ocasiones, fuente de equívocos, y por este motivo un primer paso imprescindible para deshacerlos es clarificar cuáles son las características de la ciencia experimental.

SUMARIO

En la antigüedad se observan algunos de los elementos que constituyen parte de la ciencia experimental. Entre estos se encuentran:

- **El papel incipiente de las matemáticas** para resolver problemas.
- **El aspecto predictivo de la ciencia**, por ejemplo al estudiar y clasificar fenómenos astronómicos para tener una *economía de pensamiento* que permitiera predecir cuándo volverían a acontecer.
- Y **el aspecto demostrativo de la ciencia**, por ejemplo al buscar las causas de los efectos mediante demostración aristotélica.

Sin embargo, hasta el siglo XVII explicación causal y predicción de acontecimientos iban por separado. **Lo peculiar de la nueva ciencia fue la combinación**, en un mismo objetivo, de dos objetivos diferentes aunque relacionados: un objetivo teórico de conocimiento de la naturaleza, y un objetivo práctico de dominio controlado de la misma, basado en el conocimiento teórico.

- El ***conocimiento*** que proporciona la ciencia no es un conocimiento demostrativo, definitivo, necesario. Sino que es probable, falible, **dependiente de la continua contrastación empírica**.
- Luego **la predicción se convierte en una parte *necesaria* de la ciencia**. Ya no se puede separar de la explicación. El testimonio principal de una explicación aceptable será precisamente su capacidad de *predecir*, de implicar consecuencias contrastables… **Poder predictivo y fuerza explicativa se combinan de un modo nuevo**.

Hasta que se desarrolló sistemáticamente la ciencia experimental, a partir del siglo XVII, **no se sabía que ese tipo de ciencia podía existir**. Hubo que demostrar empíricamente que la ciencia experimental funcionaba.

> Artigas señala: «Cuando se estudia el caso de Galileo, se advierte que un factor que influyó de modo decisivo en su desarrollo fue que **quienes se opusieron a Galileo no creían que una ciencia como la que estaba naciendo pudiera consolidarse**. En efecto, consta por escrito que dos de los personajes más influyentes que intervinieron en ese caso, concretamente el cardenal Belarmino y el Papa Urbano VIII, que tenían gran simpatía por la cultura, estaban convencidos de que era muy difícil, o incluso imposible, que nunca se llegara a demostrar que la Tierra se mueve (Galileo pensaba que ya poseía esa demostración, lo cual no era cierto)».

Más adelante, en el siglo XIX el conocimiento proporcionado por las nuevas ciencias servirá de base para guiar y acelerar la tecnología. Dando lugar a la

tecno-ciencia. Pero el ideal de la nueva ciencia, que combina el conocimiento con el control empírico, está ya claramente desarrollado en el siglo XVII.

2. Definición

La ciencia experimental es ***aquella actividad humana en la que se busca un conocimiento de la naturaleza que permita obtener un dominio controlado de la misma***. Pero esta definición, que ya se adelantó en el primer tema, requiere matizaciones.

- En primer lugar, en muchas disciplinas científicas se utilizan **construcciones teóricas muy abstractas** que no son un simple reflejo de las estructuras y procesos reales. Sin embargo, la libertad para construir teorías está limitada. Se construyen teorías abstractas para conseguir un auténtico conocimiento de la naturaleza.
- Por otro lado, la ciencia experimental **no es un conjunto de verdades definitivamente demostradas**. Para que una teoría sea admisible, basta que a partir de ella puedan deducirse algunas consecuencias controlables experimentalmente.

Lo característico de la ciencia experimental es la exigencia de que **sus contenidos teóricos estén relacionados** ***de algún modo*** **con el control experimental**. Si se cumple esta exigencia, los contenidos teóricos permitirán obtener un conocimiento de la naturaleza relacionado con su dominio controlado. Por tanto, la definición previa de ciencia experimental se puede reformular como ***una actividad cognoscitiva cuyos contenidos teóricos se relacionan de modo lógico y coherente con datos controlables obtenidos mediante experimentación***.

Esta definición expresa una condición necesaria que han de cumplir las teorías para ser aceptables. Sin embargo, no se exige que las teorías puedan ser *demostradas* mediante la experiencia, sino solo que a partir de ellas se obtengan consecuencias que sean *coherentes* con los datos experimentales.

3. Relevancia de los objetivos externos

Los objetivos de la ciencia experimental no son solo **internos**, bien sean generales (conocimiento de la ciencia y domino controlado) o particulares (el objetivo concreto de una actividad científica), sino que también son externos.

- Los **objetivos externos** dependen de la voluntad de las personas y entre ellos se encuentran, por ejemplo: el afán de saber, la búsqueda de lucro o de prestigio, la obtención de resultados útiles para la sociedad o simplemente el placer que uno puede encontrar trabajando en la ciencia.

Estas motivaciones personales, u objetivos externos, son un tema propio de la historia, de la ética y de la sociología de la ciencia. Son importantes y hay que tenerlos en cuenta. Sin embargo, por muy relevantes que sean, ninguna comunidad científica admitirá un trabajo que no combine las dimensiones explicativa y predictiva de la ciencia. Esta combinación es un requisito mínimo que toda actividad científica debe cumplir para ser admitida por la comunidad.

> Los filósofos de la ciencia discuten sobre los objetivos de la ciencia experimental, sobre si en lugar de distinguir entre ciencia pura y aplicada, se debería hablar de *tecnociencia*; sobre las implicaciones sociológicas de que la ciencia haya sido realizada mayoritariamente por varones blancos; sobre el grado de autonomía que tienen los científicos cuando sus objetivos y métodos dependen de factores económicos, políticos y militares, etc. Todos estos aspectos tienen su relevancia. Aun así es importante no distorsionar el peso que cada uno de ellos tiene en la actividad científica. Hay unos objetivos a los que la ciencia experimental tiende por sí misma y un mínimo que se exige a toda contribución científica para que sea admitida por la comunidad. Con independencia de otros objetivos personales o sociales y aunque tengan mucha importancia práctica.

Gracias a que las teorías se contrastan con la realidad a través de los experimentos, y a pesar de que los objetivos y métodos estén marcados por la contingencia histórica, la ciencia experimental se ha consolidado notablemente en los últimos siglos.

4. Control experimental

La **versatilidad** o flexibilidad del control experimental es notable, ya que este depende (1) de la proximidad de los problemas científicos al nivel observacional y (2) de los conceptos e instrumentos disponibles en cada momento.

> Esta flexibilidad es especialmente notoria cuando se trata de grandes sistemas teóricos o de explicaciones de sucesos muy alejados de la observación inmediata. Hay casos en los que el control experimental es bastante indirecto pero riguroso y otros en los que existe un control experimental muy inmediato. Pero, en la mayoría de los casos, se da una situación intermedia entre ambos extremos.

Semejante versatilidad conlleva que **las garantías que proporciona el control experimental varíen entre:** (1) la certeza que se alcanza mediante una **descrip-**

ción rigurosa de fenómenos observables, como por ejemplo, la morfología de las células; y el simple **apoyo experimental**, como en el caso del modelo del *Big Bang*. Dándose, entre ambos extremos, una amplia gama de posibilidades intermedias.

- Los **conocimientos más descriptivos y seguros** son indispensables como punto de partida de las teorías y desempeñan una función decisiva en la comprobación de las mismas.
- Sin embargo, las **teorías más alejadas de la experiencia** permiten obtener conocimientos acerca de las causas profundas que subyacen a los fenómenos observables.

En cualquier caso, es importante subrayar que **no existe un control experimental que sea totalmente independiente de interpretaciones teóricas**. Cualquier experimento supone un plan de acuerdo con el cual se realiza y sus resultados pueden admitir diversas interpretaciones. La valoración del control experimental de las teorías incluye **suposiciones teóricas** e **interpretaciones de los resultados**, que no son una mera consecuencia de los datos de observación.

El experimento es un método para **interrogar a la naturaleza y obtener respuestas**. La naturaleza solo manifiesta a la experiencia ordinaria algunos fenómenos superficiales. Si se desea conocerla más a fondo, hay que interrogarla; y como la naturaleza solo responde con hechos, hay que interrogarla con hechos. En los experimentos se estudia la relación entre los **hechos-pregunta** y los **hechos-respuesta**. El éxito de un experimento dependerá del plan seguido para *formular bien las preguntas* y *detectar bien las respuestas*.

En ambos casos hay que utilizar ideas e interpretaciones. Si el problema es sencillo, las ideas utilizadas serán simples, pero si el problema es complejo, será necesario recurrir a interpretaciones basadas en teorías complejas. Se deben establecer cuáles son los factores variables que el experimentador manipula y los que constituirán la respuesta a sus preguntas, lo cual exige también emplear hipótesis interpretativas. Por tanto, **el control experimental de las teorías científicas no es automático, sino que incluye importantes dosis de creatividad e interpretación**.

Además, **los experimentos científicos se sitúan en un contexto histórico**. Son pasos concretos dentro de un desarrollo conceptual. Cuando tienen éxito, proporcionan nuevos conocimientos que, sin embargo, están sujetos a ulteriores interpretaciones. Algunas hipótesis son susceptibles de estudio riguroso, pero es difícil demostrarlas experimentalmente de modo concluyente. Esto suce-

de, por ejemplo, con procesos tales como la evolución cósmica y la biológica. Luego, debido a las fuertes dosis de creatividad e interpretación, así como a la dimensión histórica de los experimentos, **el control experimental no garantiza necesariamente la verdad de las hipótesis científicas**.

En resumen:

- **Los experimentos desempeñan funciones muy diferentes**. A veces se formula una teoría y solo después se realizan experimentos para comprobarla. Mientras que en otras ocasiones, se determina experimentalmente la existencia de un fenómeno concreto. Aun así, el método experimental es mucho más versátil que estas dos posturas. Las relaciones entre teoría y experimento pueden ser muy variadas.
- **La experimentación supone una intervención activa en los procesos naturales**, con objeto de obtener respuestas a las preguntas formuladas hipotéticamente. Es una actividad planeada que permite observar lo que sucede en condiciones específicas y controladas. Requiere además que se formulen conceptos y teorías que van mucho más allá de lo observable y que solo se pueden comprobar mediante experimentos sutiles orientados teóricamente.
- **En la experimentación hay que utilizar la observación y la experiencia**. Los resultados de un experimento deben ser registrados, y esto supone la observación de fenómenos. Y la observación sería imposible sin la percepción de señales sensibles. Además, cualquier experimento supone experiencias acerca de los instrumentos empleados, y la experiencia forma parte también de las interpretaciones que dirigen tanto la realización del experimento como la obtención de los datos.

4.1. Sentido común

A veces, como consecuencia del resultado de la experimentación, es necesario revisar ideas que parecían estar garantizadas por la observación y la experiencia ordinarias. Debido a esto, algunos autores, sostienen que la ciencia corrige a la experiencia o al sentido común y que llega a invalidar convicciones que parecían firmemente asentadas.

Sin embargo esto no parece correcto. **El sentido común es el punto de partida de la experiencia y juega un papel esencial en la interpretación del dato científico**. Además, el ámbito propio del sentido común es el conocimiento ordinario. Mientras que la tarea de la ciencia experimental es descubrir

aspectos de la realidad que no pueden conocerse mediante el conocimiento ordinario.

Por ejemplo, el sentido común nos dice inicialmente que la tierra no se mueve, pero también nos dice que nuestro conocimiento experimental de que la tierra se mueve a gran velocidad debe ser aceptado porque lo hemos investigado con rigor.

5. Dimensiones de la actividad científica

La ciencia real es una actividad variada y compleja. Abarca disciplinas, métodos y resultados muy diferentes. Aun así las diferentes modalidades de la actividad científica se pueden agrupar en cuatro grandes tipos:

- la ***investigación*** en la que se busca obtener nuevos conocimientos;
- la ***sistematización*** o síntesis de conocimientos ya adquiridos;
- la ***transmisión*** de los conocimientos, es decir, los modos de expresar los métodos y resultados científicos;
- y la ***aplicación*** o utilización de los conocimientos en vistas a resolver los problemas científicos.

Estas cuatro dimensiones de la actividad científica están relacionadas entre sí y no son independientes. Sin embargo, en cada tarea científica, en función de los objetivos inmediatos que se persigan, siempre hay alguna de estas dimensiones que predomina sobre el resto.

5.1. La investigación científica

La investigación científica es la **búsqueda o descubrimiento de nuevos conocimientos teórico-experimentales**. Entre estos se pueden señalar:

- La *construcción de sistemas teóricos* que proporcionan explicaciones unitarias de muchos fenómenos conocidos y predicen otros desconocidos. Dos ejemplos son las teorías de la relatividad y la mecánica cuántica.
- La *construcción de modelos particulares* para estudiar fenómenos naturales complejos. Son modelos que simplifican la realidad, centrándose en algunos aspectos y asumiendo que los restantes no influyen en los problemas considerados. Son muy habituales.
- La *formulación de leyes experimentales*, como por ejemplo la ley de Ohm. Son más habituales en las ciencias más matematizadas.

- La *obtención de conocimientos particulares* que sirvan de base empírica para la formulación y comprobación de los tres tipos anteriores. Son el aspecto más importante de la investigación.

Los dos primeros tipos de investigación científica son más teóricos, mientras que los dos siguientes son más experimentales. De hecho, **ambas modalidades de la investigación son parcialmente autónomas**. Los conocimientos observacionales y las leyes experimentales conservan su validez sin que su significado se agote en los sistemas teóricos que los engloban; y los desarrollos teóricos se plantean con frecuencia en un nivel muy alejado de las posibilidades actuales de observación.

Sin embargo, la **investigación teórica y la experimental se requieren mutuamente**. Los nuevos datos exigen explicaciones teóricas y las nuevas teorías han de comprobarse experimentalmente. No se pueden separar.

5.2. La sistematización

La sistematización consiste en **unificar datos particulares, leyes experimentales y principios generales de modo que exista una conexión lógica entre ellos**. Se trata de una tarea necesaria. Los descubrimientos parciales y fragmentarios deben ser unificados si queremos conseguir síntesis amplias que permitan explicaciones más completas y demostraciones más rigurosas.

La sistematización es un medio para alcanzar nuevos conocimientos (no un fin en sí mismo), que desempeña cuatro importantes funciones:

- Una *función heurística*: cuando los conocimientos fragmentarios se ordenan y relacionan entre sí es más fácil deducir nuevas consecuencias y obtener nuevos conocimientos.
- Una *función crítica*: facilita el examen del rigor lógico y de la validez de los principios y supuestos utilizados.
- Una *función explicativa*: cuando se consigue deducir un conjunto de leyes a partir de unos mismos principios generales se alcanzan explicaciones más profundas.
- Una *economía del pensamiento*: una vez sistematizados, los conocimientos disponibles pueden ser utilizados con mayor facilidad, ahorrando pasos intermedios que ya están expresados en la estructura del sistema.

5.3. La transmisión de conocimientos

Los contenidos, resultados experimentales o métodos empleados en la ciencia se expresan en un lenguaje. Un lenguaje cuyo objetivo es comunicar y que, por lo tanto deberá variar en función de a quién se dirija. El estilo de exposición en las publicaciones especializadas es distinto que en los libros de texto o de divulgación. Pero además el modo de expresar lo que se desea comunicar puede acercarse más o menos a lo que se desea transmitir. Un gráfico puede estar mal hecho o expresar mal el contenido de un artículo, aunque el experimento esté bien hecho.

Por tanto, **la aceptación e interpretación de los contenidos científicos no es impersonal ni automática, depende de que esté bien expresado y se pueda entender lo que se quiere comunicar**. Cuando no se expresa bien o el receptor del mensaje no está cualificado para entenderlo, es fácil que surjan equivocaciones importantes.

> Por ejemplo, en relación con el evolucionismo, no es difícil encontrar exposiciones en las que se dan por resueltas cuestiones controvertidas, o se interpreta la evolución en clave materialista. Cabría pensar que en estos casos se trata de extrapolaciones personales de los respectivos autores y que, por tanto, no implican a la ciencia como tal. Pero esos equívocos se encuentran en publicaciones de científicos que gozan de gran prestigio y, en muchas ocasiones, solo un especialista en biología o en filosofía de la ciencia será capaz de detectarlos.

Por tanto, es sumamente importante, también desde el punto de vista ético, que los científicos y los divulgadores procuren ser rigurosos en sus explicaciones, tanto en el ámbito especializado como en el de la opinión pública.

5.4. La aplicación de las teorías

Las teorías científicas surgen del intento de proporcionar respuestas a problemas científicos y tecnológicos. Se dirigen tanto a la obtención de nuevos conocimientos como a conseguir objetivos prácticos. La aplicación de las teorías es su utilización **para resolver esos dos tipos de problemas**. Cuando consiguen resolver un problema, suelen suscitar nuevas incógnitas que normalmente se encuentran en un terreno más profundo. Como un círculo en el que al crecer su diámetro, crece también su área y su perímetro.

En ocasiones la frontera entre las aplicaciones científicas y las tecnológicas puede resultar borrosa. Sin embargo, hay una diferencia clara: **la aplicación tecnológica suele prescindir de detalles teóricos que no tienen relevancia**

para su objetivo. Mientras que para las aplicaciones científicas ese aspecto suele ser relevante.

La aplicación de las teorías requiere adaptaciones que tienen la forma de **hipótesis auxiliares** y **reglas pragmáticas**. Siempre hay una cierta distancia entre la teoría y las aplicaciones, puesto que la teoría proporciona enunciados generales y los problemas específicos incluyen condiciones singulares.

Por último, algunas actividades tienen un carácter marcadamente teórico o experimental. Sin embargo, unas y otras forman parte de la misma ciencia. Sería inadecuado aludir a una ciencia o investigación teórica como ciencia pura disociada de la ciencia aplicada.

Ejercicio 1. Vocabulario

Identifica el significado de las siguientes palabras y expresiones usadas:

- Predicción
- Demostración
- Tecno-ciencia
- Control experimental
- Objetivos internos de la ciencia
- Objetivos externos de la ciencia
- Hechos-pregunta y hechos-respuesta
- Interpretaciones teóricas y prácticas
- Investigación científica
- Sistemas teóricos
- Modelos particulares
- Leyes experimentales
- Sistematización
- Función heurística
- Función crítica
- Función explicativa
- Economía del pensamiento
- Transmisión de conocimientos
- Aplicación de teorías
- Hipótesis auxiliares
- Reglas pragmáticas

Ejercicio 2. Guía de estudio

Contesta a las siguientes preguntas:

1. Señala algunos elementos de la ciencia que ya estaban presentes en la antigüedad.
2. ¿Qué es lo peculiar de la nueva ciencia experimental?
3. ¿Qué dos definiciones de ciencia experimental se han dado en este tema? ¿Por qué se ha matizado una de estas definiciones?

4. Pon algún ejemplo de objetivos externos en la ciencia.
5. ¿Qué razones llevan a matizar la importancia de los objetivos externos en la tarea científica?
6. ¿A qué se debe la flexibilidad o versatilidad del control experimental? ¿Qué implicaciones tiene de cara a la garantía y valoración de los resultados?
7. Resume sintéticamente en qué consiste el control experimental.
8. ¿Los datos científicos pueden llegar a contradecir el sentido común?
9. ¿Qué cuatro dimensiones o tipos de actividad científica se han descrito?
10. ¿A qué tipos de nuevos conocimientos teórico-experimentales da lugar la investigación científica?
11. ¿Qué funciones desempeña la sistematización?
12. ¿Qué aspectos hay que tener en cuenta para valorar adecuadamente la transmisión de conocimientos?
13. ¿Qué diferencia se puede señalar entre la aplicación científica y la tecnológica, sabiendo que hay una estrecha relación entre ambas?

Ejercicio 3. Comentario de texto

Lee el siguiente texto y haz un comentario personal utilizando los contenidos aprendidos:

La ciencia *es* una tradición. La ciencia progresa porque cada científico no pretende interpretar el mundo *ex novo* (como hacen hoy los pintores y los grupos *pop*) sino que se inscribe obedientemente en una tradición. En ella aprende los resultados ya establecidos y el manejo de las herramientas del oficio (instrumentos como el microscopio o la balanza, o técnicas matemáticas como el análisis de la varianza o el cálculo de perturbaciones). Más importante aún, absorbe los hábitos de pensamiento y las actitudes de sus maestros, que a su vez los aprendieron de los suyos, y así sucesivamente. Cada generación de científicos ve más lejos que la precedente porque se ha subido a sus hombros, como reconoció el propio Newton en una frase célebre: «Si he visto más lejos es porque estoy sentado sobre los hombros de gigantes». Y si Newton no era un revolucionario, menos aún lo fueron el archiconservador Copérnico o el sensato Aristóteles. Tampoco Galileo, a pesar de que su infortunado proceso lo convirtiera en un mártir contra su voluntad.

Juan Meléndez
De Tales a Newton, p. 314



EL MÉTODO CIENTÍFICO

La cuestión sobre el método científico ha sido un tema de debate durante mucho tiempo. Para tener una imagen completa no basta con considerar un solo aspecto e identificar la actividad científica con esa dimensión, como a veces ha sucedido históricamente. Sino que es necesario integrar adecuadamente todas sus dimensiones. En este tema exploraremos los principios de la actividad científica, los aspectos inductivos e hipotético-deductivos del método para terminar integrándolos en una explicación más específica del método científico. Por último, será necesario aclarar cuáles son las características particulares que tiene su aplicación a las ciencias humanas.

SUMARIO

1. Los principios de la ciencia

Según la concepción clásica, la ciencia se debe apoyar en unos *principios* que son verdades fundamentales, evidentes por sí mismas, que sirven como base para las demostraciones de la ciencia. Estos principios pueden ser de tres tipos:

- ***Principios filosóficos*** o primeros principios, tales como los principios de no contradicción, de identidad o de tercero excluido. Se trata de principios metafísicos y lógicos que desempeñan un papel muy importante en la fundamentación de la filosofía y, a través de ella, en todos los ámbitos del conocimiento humano. Las ciencias experimentales presuponen su validez.
- ***Principios de la ciencia experimental***. Son enunciados científicos muy generales que pueden considerarse como la base de muchos otros conocimientos. Por ejemplo, los *principios de la termodinámica*, el *principio de conservación* de la masa y la energía, el *principio de indeterminación* de Heisenberg, el *principio de exclusión* de Pauli, el límite de velocidad de propagación de la luz en el vacío, etc. Si alguna teoría se opone a estos principios, se duda antes de la teoría que del principio. Son principios bien consolidados.
- ***Supuestos de la actividad científica***. Son ideas o enunciados que se presuponen en las ciencias, sin discutirlos, y que sirven como base de todo el trabajo científico o de alguna disciplina particular. Entre ellos tienen especial importancia los *supuestos generales* de toda la actividad científica: el orden natural en el nivel *ontológico*; la capacidad de conocer ese orden en el nivel *epistemológico*; y que la ciencia representa valores que merecen la pena ser buscados, en el nivel *ético*.

2. El método inductivo

En sus orígenes la ciencia experimental se denominó inductiva porque parece proceder conforme al método inductivo: comienza con la observación de hechos particulares y busca, mediante generalizaciones, establecer relaciones entre las diferentes observaciones. Así llega a formular leyes que relacionan los fenómenos observados. Al principio las generalizaciones son muy próximas a los hechos observados, pero poco a poco se obtienen leyes más generales. De este modo, la ciencia se parece a una pirámide que se apoya en los hechos observados y es coronada por las leyes más generales.

La filosofía de la ciencia contemporánea ha subrayado las limitaciones de semejante enfoque, afirmando que **las teorías más importantes y profundas no son generalizaciones a partir de la observación sino creaciones del espíritu humano**. Los grandes logros de la ciencia experimental exigen mucha creatividad e interpretación y no pueden atribuirse a la inducción, entendida como simple generalización a partir de los hechos.

Luego ***la inducción existe y tiene su importancia, pero no trabaja sola***. Veamos de qué modos se emplea la inducción en la actividad científica.

- La inducción **consiste en remontarse desde los casos particulares hasta conceptos y enunciados generales**. En este sentido, siempre que la actividad científica utiliza los recursos del conocimiento ordinario, algo permanente, utiliza la inducción.
- La inducción **asume el supuesto de que la naturaleza se comporta de modo uniforme en igualdad de circunstancias**. Este es un supuesto básico de la actividad científica. Si se niega, no tendría sentido hablar de experimentos repetibles, ni, por tanto, trabajar experimentalmente. Eso sí, uniformidad no implica que no existan cambios.
- La inducción **es una inferencia de causas** a partir del conocimiento de determinados fenómenos. Se busca la condición necesaria y suficiente de un fenómeno.

  Una condición necesaria es aquella sin la cual no se produce el fenómeno. Mientras que una condición suficiente es aquella ante cuya presencia se observa el fenómeno, aunque el fenómeno también se pueda producir sin que esté presente. Por lo tanto, una condición necesaria y suficiente es aquella en la que el fenómeno se produce siempre que y solo si se da la condición. Este tipo de inducción **proporciona demostraciones que no son completamente concluyentes.** Desde el punto de vista lógico, se necesitaría examinar todas las posibilidades y aun así siempre cabría objetar que pueden existir causas desconocidas. Para decir que «todos los cisnes son blancos» se necesitaría comprobar que no hay ninguno de otro color. De todos modos este tipo de inducción, que remite a las tablas de presencia, ausencia y grado de Francis Bacon, sigue siendo válido.

- La inducción **equivale a una extrapolación**, es decir, a la suposición de que los datos disponibles sobre un problema pueden completarse de acuerdo con una pauta coherente. No se trata de un argumento lógico, como en el caso anterior, sino de un recurso que equivale a la formulación de una hipótesis que debe ser comprobada.
- La inducción es **el estudio de una colección de datos particulares**. Se parece a la anterior pero tiene menos fundamento y más interpretación. Este

tipo de inducción se utiliza, por ejemplo, en la reconstrucción paleo-antropológica del linaje humano, debido a los pocos fósiles de los que se dispone.

Los dos primeros sentidos de la inducción son imprescindibles para el trabajo científico y forman parte de los supuestos filosóficos de la ciencia. Los tres siguientes tienen que ver con la actividad científica concreta.

3. El método hipotético-deductivo

Uno de los modos ordinarios que utilizamos para resolver un problema cualquiera consiste en **formular hipótesis** acerca de la posible solución **y comprobar** si esas hipótesis están de acuerdo con los datos disponibles.

Se utiliza este procedimiento constantemente, tanto en la vida ordinaria como en la investigación científica. Las diferencias en su utilización dependen de que los problemas puedan resolverse mediante **hipótesis próximas al nivel observacional** (que es lo que suele suceder en la vida ordinaria) o de que exijan la formulación de **hipótesis más abstractas** (que es lo que sucede en las ciencias).

La estructura lógica del método es siempre la misma: **la validez de las hipótesis depende de que se consiga comprobar la validez de las consecuencias que de ellas se deducen**. Esta estructura lógica implica que *nunca puede demostrarse estrictamente la verdad de las hipótesis mediante el método hipotético-deductivo, aunque sí su falsedad*. Se trata de la ***asimetría lógica entre verificación y falsación***, ya apuntada por Karl Popper.

> Una misma consecuencia se puede deducir a partir de diferentes premisas, de modo que la comprobación de la validez de las consecuencias no implica lógicamente que las premisas sean correctas. En cambio, si se comprueba que una sola consecuencia es falsa, se sigue que hay algún error en las hipótesis que han servido de premisas para deducirla.

Por otro lado, las construcciones teóricas contienen aspectos conceptuales, como la **creatividad, interpretación o convencionalidad**, que **no se reducen a la suma de hechos y lógica**. Por este motivo, se ha convertido en un lugar común afirmar que las teorías científicas nunca se pueden *verificar*, e incluso que tampoco se pueden *falsar* de modo concluyente.

> Que un experimento importante haya salido bien o mal no implica directa y automáticamente que la teoría es correcta o incorrecta. Sin embargo, cuando se trabaja en un nivel próximo al observacional se puede conseguir verificacio-

nes o refutaciones válidas. Por ejemplo, la ley de Ohm puede ser comprobada fácilmente puesto que relaciona magnitudes estrechamente ligadas a los procedimientos experimentales. En tales casos, puede decirse que se da una verificación o demostración experimental cuya validez depende de los supuestos aceptados.

Aun así, existen **criterios de aceptabilidad** que permiten afirmar con una seguridad razonable que una hipótesis es falsa o que permiten llegar a conclusiones bien establecidas. Esos criterios son cinco:

- El ***poder explicativo*** que es la capacidad de las hipótesis para dar razón de los problemas planteados y de los datos disponibles. Por ejemplo, un argumento en favor de las teorías de la relatividad y de la mecánica cuántica es que, con las simplificaciones adecuadas, obtienen los resultados de la mecánica clásica. Es decir, integran las explicaciones de la mecánica clásica y además permiten explicar nuevos fenómenos.
- El ***poder predictivo*** que es la capacidad de predecir resultados. Las predicciones que se comprueban, sobre todo si eran desconocidas, constituyen uno de los argumentos principales en favor de la validez de una teoría. Por ejemplo, la mecánica newtoniana condujo al descubrimiento de Neptuno y Plutón en los lugares predichos por la teoría; el modelo de *big bang* recibió un apoyo sustancial cuando en 1964 Penzias y Wilson detectaron la radiación de microondas predicha por la teoría; y la teoría electrodébil se vio contrastada por la detección en 1983 de las partículas W y Z que había predicho.
- La ***precisión** de las explicaciones y predicciones* que refuerza a los dos anteriores.
- *La **convergencia de pruebas variadas e independientes*** que refuerza la fiabilidad de las teorías. Por ejemplo que la teoría de la evolución no solo se apoye en pruebas morfológicas sino también en mecanismos genéticos refuerza su fiabilidad.
- El ***apoyo mutuo entre las teorías***. Las teorías se entrelazan, formando una red en la cual las comprobaciones de algunas consecuencias experimentales refuerzan la validez de todos los elementos de la red teórica. Por este motivo, que las teorías de la relatividad y la mecánica cuántica sean dos sistemas de teorías que cumplen bien los cuatro criterios anteriores pero que son sustancialmente distintas hace postular o la integración de una de las dos en la otra o la elaboración de una nueva teoría que englobe a las dos.

Las dificultades lógicas del método hipotético-deductivo se subsanan, en buena parte, utilizando estos cinco criterios. En pura lógica este método no permite fundamentar definitivamente la validez de las hipótesis sobre la base de sus consecuencias. Sin embargo, con los criterios señalados anteriormente, **es posible obtener demostraciones que poseen un alto grado de rigor**. Por ejemplo, sabemos que la Tierra no está inmóvil en el centro del universo o que existen seres unicelulares.

Cuando los cinco criterios se cumplen, la *fuerza lógica* de los argumentos a favor de una teoría aumenta considerablemente. ***Si los cinco se cumplen en alto grado, podemos concluir que la hipótesis que se trata de comprobar es válida***.

> La objeción típica que suele plantearse es que la teoría mejor comprobada de la historia, la mecánica de Newton, cumplía esos criterios y es falsa. Esto no es del todo cierto. En realidad no se ha demostrado que la mecánica de Newton sea falsa. Si no, no la seguiríamos estudiando y utilizando. Lo que se ha comprobado es que esa teoría no es completamente universal, sino que se aplica a ámbitos concretos de la naturaleza. Cuando salimos fuera de esos ámbitos, hay que utilizar la relatividad y la mecánica cuántica. Pero en el ámbito de fenómenos en que esa teoría se encontraba bien comprobada sigue siendo válida. Por ejemplo, la mecánica de Newton se usa con éxito para calcular las trayectorias de los satélites artificiales, porque se trata de cuerpos con una masa apreciable (no hace falta usar la mecánica cuántica) y con velocidades no muy grandes (no hace falta utilizar la relatividad).

4. El método científico experimental

Desde Francis Bacon se ha afirmado que el método científico es ***inductivo***, que procede de lo particular a lo general: comienza por los fenómenos o hechos observables y, a partir de las relaciones que se establecen entre ellos, obtiene leyes y teorías cada vez más generales.

Desde Karl Popper se ha insistido en que el método ***hipotético-deductivo*** es la base de la ciencia. Este método consiste en formular hipótesis, que en principio no gozan de ninguna garantía, y en someterlas a control experimental. Como las hipótesis suelen ser generales, hay que deducir de ellas sus consecuencias lógicas, que son las que se someten a control experimental.

Ya hemos examinado ambos métodos, el inductivo y el hipotético-deductivo, con cierto detalle. Ninguno de los dos es un método automático cuya aplicación produce, sin más, resultados científicos. Es más, **no existen métodos automáticos** en ciencia. Todo método requiere de creatividad e interpretación

para la elaboración de construcciones teóricas y para la experimentación. *La ciencia experimental es una búsqueda de teorías que puedan someterse a control experimental*.

Karl Popper solía utilizar el siguiente esquema para representar el esqueleto del método científico: $P_1 \rightarrow T\,T_1 \rightarrow E\,E_1 \rightarrow P_2 \rightarrow T\,T_2 \rightarrow$

En este esquema, el «problema» inicial (P_1) es el punto de partida. Sobre el cuál se propone una hipótesis o «teoría tentativa» ($T\,T_1$) que pueda aportar una solución. A continuación se evalúa la hipótesis y, eventualmente, se detectan los errores que contiene. Por último se procede a la «eliminación de error» ($E\,E_1$). Lo cual nos conduce a una nueva formulación del problema inicial, o sea, a un nuevo problema (P_2), y así sucesivamente.

Este esquema resalta algunas características del método científico, como son: (1) que **no existe un método automático**; (2) que debemos **formular hipótesis** que van más allá de lo que puede ser garantizado en el estado actual de nuestro conocimiento; (3) que hemos de **someter esas hipótesis a pruebas** teóricas y empíricas; (4) que el resultado de esas pruebas proporcionará **indicaciones sobre la adecuación de nuestra hipótesis** para resolver el problema inicial; que, (5) si el problema no queda resuelto, al menos **podremos avanzar y reformular el problema** realizando un progreso.

En resumen, la ciencia gira en torno a la **solución de problemas**. Se parte de algún problema que se intenta resolver. Después se combina la ***construcción* de hipótesis** explicativas con la ***comprobación* de su validez**, utilizando los recursos teóricos y empíricos disponibles. En todo momento se incluye alguna referencia al ***control experimental***. Esa referencia tendrá una fuerza lógica variable, de acuerdo con las posibilidades conceptuales y experimentales disponibles en cada momento, pero tiene que ser posible, al menos en principio, someter nuestras hipótesis a cierto control experimental.

5. El método de las ciencias humanas

Las diferencias entre las ciencias naturales y las humanas son patentes. La principal se refiere a su objeto: las ciencias experimentales estudian las dimensiones materiales de la naturaleza y **las ciencias humanas estudian problemas en los que intervienen las dimensiones espirituales del hombre**. Esta es una de las razones de las diferencias que se encuentran entre las ciencias experimentales y las ciencias humanas. En las ciencias humanas (economía, sociología, psicología…) intervienen las dimensiones específicamente humanas y, por tanto, las leyes que conseguimos en esas ciencias **no tienen la fiabilidad propia de la ciencia experimental**.

Algunas de las dificultades con las que se encuentran las ciencias humanas se refieren a:

- ***La fiabilidad de las leyes***: debido a la libertad el comportamiento humano no posee la regularidad de lo natural. Por lo tanto, las leyes sobre la naturaleza siempre serán más fiables que aquellas en las que entra en juego la libertad humana.
- ***La posibilidad de realizar experimentos***: es más difícil realizar un experimento cuando el comportamiento que se estudia es menos uniforme, constante o repetible.
- ***La comprobación de las hipótesis***: presenta dificultades mayores debido a que, con frecuencia, no se puede ni siquiera realizar experimentos controlados y repetibles.
- La vinculación a ***juicios de valor*** **que dificultan la objetividad**. Quienes trabajan en la ciencia social poseen diferentes escalas de valores y, dado que es muy difícil separar la descripción y la valoración de las conductas humanas, unos mismos hechos pueden fácilmente ser objeto de estimaciones científicas diferentes.
- **La existencia de *características singulares* en el ser humano**: como son, que es un ser auto-consciente, capaz de deliberar, de valorar, de decidir libremente. Palabras como decidir, elegir o esperar hacen referencia a *estados interiores* mentales de individuos humanos que no tienen equivalente en el mundo material. Hay una perspectiva de la primera persona que se escapa a la actividad científica.

Los problemas recién mencionados son, en el fondo, manifestaciones de la peculiaridad del ser humano que trasciende las determinaciones del mundo natural. Aun así no hay que olvidarse de que la economía, la sociología, la psicología… son ciencias que funcionan, porque hay patrones de comportamiento que se pueden descubrir. La libertad humana introduce la novedad pero no lo es todo. Además, en esas áreas de la ciencia, debido a la importancia de la imagen que se tenga del ser humano, también la filosofía tiene mucho que aportar.

> Evandro Agazzi ha sintetizado en seis puntos las diferencias entre las ciencias humanas y las naturales. La *identidad entre sujeto y objeto*, que puede alterar los datos debido a la implicación emocional y a las expectativas previas a la recogida del dato; la *existencia de la libertad*; la *existencia de fines*; la *dimensión hermenéutica*, o sea, la necesidad de interpretar los fenómenos humanos; las dificultades que encuentra la *experimentación*; y las dificultades que existen para formular *leyes generales*.

Mariano Artigas ha señalado que las diferencias entre las ciencias humanas y las naturales se centran en torno a la tensión que existe entre sujeto y objeto, libertad y necesidad, significado y estructuras, comprensión y explicación, valores y hechos, fines y causas, ausencia de valores y compromiso, intencionalidad y experimentación, particularidad y universalidad.

6. Dificultades del método científico

La dificultad mayor que encuentran las **ciencias naturales** es que ***la naturaleza no piensa ni habla***, de modo que, para desentrañar sus leyes, nos vemos obligados a crear un lenguaje que, siendo comprensible para nosotros, permita expresar los hechos que la naturaleza manifiesta a través de la observación y la experimentación. Este método exige mucha creatividad e interpretación pero, una vez que se adoptan las estipulaciones convenientes, se alcanza una objetividad muy notable.

El problema de las **ciencias humanas** es exactamente el inverso: que ***estudia seres que piensan, deciden y hablan***, de tal modo que, aunque adoptemos perspectivas bien definidas para estudiarlos y seamos coherentes en nuestro trabajo científico, todo puede cambiar sin previo aviso y sin pedir permiso. Sin embargo, estas dificultades no impiden que se proceda en las ciencias humanas con el rigor que exige cada una de ellas.

Junto a estas dificultades, el método científico también afronta un problema radical y es que **el todo no es la suma de las partes**. Las ciencias estudian distintos aspectos de la realidad. De una realidad que forma no solo un todo general, sino también ciertos «todos» intermedios respecto al modo científico de objetivar la realidad. Este aspecto de totalidad dificulta mucho las previsiones. Tanto más cuanto menos en cuenta se tenga el todo. Pensemos por ejemplo en la dificultad de predecir el tiempo, o la evolución de la economía, o el comportamiento de una persona a largo plazo, o el crecimiento de la población mundial. Las previsiones suelen fallar sistemáticamente debido a la complejidad de los sistemas que se están tratando.

La división de la realidad en partes y el enfoque materialista de la actividad científica conllevan un **reduccionismo metodológico inevitable** que debe ser compensado con razonables dosis de precaución y de razonamiento filosófico. Así, por ejemplo, la ciencia es metodológicamente materialista lo que con facilidad puede llevar a pensar que la realidad solo es material. Conclusión, esta última, inaceptable desde el punto de vista filosófico.

7. ¿Qué nos dejamos en el camino?

Afrontar un tema tan amplio como el método científico en un capítulo tan sintético como este resulta una tarea, cuando menos, ardua. Con el riesgo añadido de que por el camino se queden muchas cosas sin explicar. Sobre todo porque la actividad científica no es la aplicación mecánica de un proceso, sino una actividad donde, en su justo sentido y como decía Feyerabend, «todo vale». Así, para dar una imagen más completa del método científico quizá se podrían resaltar los siguientes aspectos.

- En primer lugar, el valor de **los experimentos mentales** y su papel catalizador de ideas. Como, por ejemplo, cuando Einstein *se subió* a un rayo de luz o Newton se imaginó que la luna era una pelota que al ser lanzada desde la tierra la circundaba y regresaba al punto de partida.
- Después el hecho de que **los científicos tienen historia**. Algo que hace que los problemas se planteen en una época determinada y se pueda llegar a soluciones casi simultáneas y análogas por autores que trabajan en paralelo. Como Charles Darwin y Alfred Russell Wallace sobre la teoría de la evolución por selección natural; o las mecánicas matricial de Heisenberg y ondulatoria de Schrödinger sobre los desafíos de la mecánica cuántica.
- En tercer lugar es importante ***que la inspiración te pille trabajando***. Cada vez más la ciencia es una tarea de trabajo y sacrificio constante. La ciencia básica y aplicada, así como el constante y oscuro sacrificio que suponen, son un factor determinante para el progreso de la ciencia y el desarrollo de nuevas teorías. Los grandes genios del pasado se han convertido hoy en día en enormes grupos de investigación para los que se ha llegado a crear la figura de ***gestores de equipos de investigación***. Baste pensar en los grupos que descubrieron el Bosón de Higgs.
- Además hay que tener en cuenta la importancia cada vez más creciente de **factores externos** que influyen en la tarea científica, como pueden ser la tecno-ciencia, la tecno-estructura, la industria militar, la bioquímica, el copyright, las medicinas, la financiación… Ya no solo es que las matemáticas sean fundamentales en todos los aspectos de la ciencia, sino que estos otros aspectos se están convirtiendo en esenciales.
- Por otro lado hay que tener en cuenta la centralidad de ciertos aspectos en algunas ciencias, como pueden ser: la **observación** en ciencias como la geología o la cosmología; o el **factor *humano*** de ciencias como la medicina, donde sanar va más allá de aplicar tratamientos, para encontrarse con la persona a la que se cura, se respeta y se trata con cariño.

- Por último y en general convendría señalar la necesidad de **humanizar el desarrollo** científico a través de una ética que tenga más presencia que la meramente utilitarista. Dándonos cuenta del carácter singular del sujeto que hace ciencia; de que el hombre que es objeto de la ciencia no es el hombre que hace ciencia; de que no se puede hacer ciencia a costa de la dignidad humana.

Ejercicio 1. Vocabulario

Identifica el significado de las siguientes palabras y expresiones usadas:

- Primeros principios
- Principios de la ciencia experimental
- Supuestos de la ciencia
- Criterios de aceptabilidad
- Inferencia
- Extrapolación
- Inducción
- Método hipotético-deductivo
- Poder predictivo
- Poder explicativo
- Hipótesis
- Juicios de valor
- Experimento mental

Ejercicio 2. Guía de estudio

Contesta a las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son los distintos tipos de principios de la ciencia? Pon algún ejemplo de cada uno.
2. ¿En qué modos se emplea la inducción en la actividad científica?
3. ¿Qué criterios de aceptabilidad permiten afirmar la veracidad de una hipótesis con una seguridad razonable?
4. ¿Qué autor afirmó por primera vez que la ciencia procede según el método inductivo? ¿Y según el método hipotético-deductivo?
5. ¿Existen métodos automáticos para la tarea científica? ¿Por qué?
6. Señala algunas de las dificultades con las que se encuentran las ciencias humanas respecto de las ciencias experimentales.
7. Indica algunas de las dificultades con que se encuentran los distintos métodos científicos.

8. Después de haber explicado la síntesis del método científico y según lo expuesto, ¿qué otros elementos convendría tener en cuenta para tener una imagen completa de la ciencia?

Ejercicio 3. Comentario de texto

Lee los siguientes textos y haz un comentario personal utilizando los contenidos aprendidos:

En las ciencias naturales, tal y como se han desarrollado desde el siglo XVII, existe la creencia de la inteligibilidad, que ha conducido a descubrimientos extraordinarios confirmados por predicciones y experimentos, de un orden natural oculto que no puede ser observado solo por la percepción humana. Sin la creencia de un orden inteligible subyacente, que antecede con mucho a la revolución científica, estos descubrimientos no podrían haberse logrado.

Thomas Nagel
La mente y el cosmos, p. 44

* * *

Un pavo descubrió, en su primera mañana en la granja avícola, que comía a las 9 de la mañana. Sin embargo, siendo como era un buen inductivista, no sacó conclusiones precipitadas. Esperó hasta que recogió una gran cantidad de observaciones del hecho de que comía a las 9 de la mañana e hizo estas observaciones en una gran variedad de circunstancias, en miércoles y en jueves, en días fríos y calurosos, en días lluviosos y en días soleados. Cada día añadía un nuevo enunciado observacional a su lista. Por último, su conciencia inductivista se sintió satisfecha y efectuó una inferencia inductiva para concluir: «Siempre como a las 9 de la mañana». Pero ¡ay! Se demostró de manera indudable que esta conclusión era falsa cuando, la víspera de Navidad, en vez de darle la comida, le cortaron el cuello. Una inferencia inductiva con premisas verdaderas ha llevado a una conclusión falsa.

Bertrand Russell
Contada en Alan F. Chalmers
¿Qué es esa cosa llamada ciencia?, p. 22

TEMA 7 LAS CONSTRUCCIONES CIENTÍFICAS

Vamos a considerar ahora las construcciones científicas, o sea, los resultados que se obtienen al poner en práctica el método científico. Entre estas construcciones se encuentran los conceptos científicos, los modelos, los enunciados y los sistemas de enunciados.

SUMARIO

1. Conceptos científicos

Los conceptos **son las construcciones científicas más elementales**, con las que se construyen todas las demás. Se suelen distinguir tres grandes tipos de conceptos científicos.

- Los ***clasificatorios***, tales como célula, molécula o fotón, que permiten dividir distintos aspectos de la realidad según las características que poseen.
- Los ***comparativos*** que sirven para establecer un orden. Por ejemplo, el concepto masa permite comparar un aspecto común a dos cuerpos.
- Los ***cuantitativos*** o ***magnitudes*** que se establecen con la ayuda de escalas y unidades, y se definen en relación con aspectos matemáticos y experimentales. Por ejemplo, para definir la masa como una magnitud (concepto cuantitativo), hay que especificar que se trata de una magnitud escalar y aditiva (aspectos matemáticos), e indicar métodos para medirla (aspecto experimental), por ejemplo mediante el uso de una báscula.

  La masa es una *magnitud escalar* porque su valor se representa por un simple número: por ejemplo, la masa de un cuerpo son 3 kilogramos. Mientras que la velocidad es una *magnitud vectorial* porque para determinarla no basta decir, por ejemplo, que el cuerpo tiene una velocidad de 90 kilómetros por hora. Hay que especificar en qué dirección y en qué sentido.

  La masa es también una *magnitud aditiva* porque las masas de varios cuerpos se suman aritméticamente: dos cuerpos de 2 y 3 kilogramos respectivamente suman 5 kilogramos en total. En cambio, la temperatura, que también es una magnitud escalar, no es aditiva. Si se ponen en contacto dos cuerpos cuyas temperaturas son de 10 y 80 grados, el equilibrio térmico no se alcanzará a los 90 grados.

El uso de conceptos cuantitativos (magnitudes) tiene enorme importancia en la ciencia experimental. **Las magnitudes constituyen el puente entre la teoría y la experimentación**, porque son conceptos teóricos que se relacionan con los resultados de los experimentos. Permiten desarrollar teorías matemáticas y someterlas a control experimental. Hacen posible un tratamiento riguroso e intersubjetivamente controlable.

Estos tres tipos de conceptos están interconectados. Lo que comienza siendo un concepto comparativo o clasificatorio, tomado del conocimiento ordinario, da lugar a conceptos cuantitativos que, a su vez, originan nuevos conceptos clasificatorios, en un proceso cada vez más alejado de la experiencia común.

Una vez definidos, **los conceptos no se mantienen necesariamente estables**. Es distinto el modo de entender el átomo que tenían los griegos clásicos del que se tenía en los comienzos de la teoría atómica y del que se tiene ahora. Sin embargo, hay cierta continuidad entre todos ellos.

- Cada concepto tiene un ***significado*** que comprende las características que se le atribuyen. El significado se encuentra en el **nivel *sintáctico***, es decir, en el contexto lingüístico en el cual se definen los términos.
- Además los conceptos también tienen una ***referencia*** que indica qué tipo de entidades son representadas por el concepto. La referencia se sitúa en el **nivel *semántico***, en el que se considera qué tipo de entidades corresponden al término utilizado.

Un mismo término puede tener varios significados que solo coinciden parcialmente, **y también varias referencias** que tampoco se identifican. Esto no constituye un problema para la ciencia, si se delimitan bien los distintos significados y referencias y si se establece cómo se ha de aplicar cada concepto en las diferentes situaciones. El rigor demostrativo está en función de la precisión de las definiciones, tanto por lo que respecta a su significado como a su referencia.

> Conceptos como el de «selección natural» pueden tener un gran alcance e impacto (una amplia referencia) a pesar de que su significado no sea muy preciso. Esto se debe normalmente a que se apoyan en una metáfora o una analogía, en este caso con la «selección artificial» que se hace con plantas y animales.

2. Modelos

Los *modelos* son construcciones teóricas que simplifican la realidad. No son una traducción sino **una *idealización* de algunos aspectos de la realidad**.

Algunos modelos son representaciones esquemáticas de un aspecto central que se quiere estudiar, mientras que otros son idealizaciones muy matemáticas. En ambos casos el papel de la creatividad y de la interpretación es esencial. El científico necesita **intuir (1) qué propiedades de los fenómenos constituyen la base adecuada para la idealización y (2) qué características pueden ignorarse**.

Los modelos también **son muy versátiles.** En algunas ocasiones, se utilizan diferentes modelos para estudiar una misma realidad, porque ninguno de ellos permite dar cuenta de todos los fenómenos conocidos.

> Por ejemplo, para estudiar las partículas subatómicas se emplean dos modelos distintos, el corpuscular y el ondulatorio, pues cada uno de ellos permite explicar de modo satisfactorio fenómenos complementarios.

Mientras que en otras ocasiones, un modelo sencillo y efectivo es mejorado por otros más complejos y precisos.

> Según el modelo newtoniano del Sistema Solar: (1) el Sol y los planetas se reducen a un punto en el que se concentra toda su masa; (2) y las interacciones entre los cuerpos se reducen a la atracción de la gravedad. Este modelo es sencillo y muy efectivo gracias a la radicalidad de las simplificaciones. A la vez, se intuye que es mejorable, como así sucede. Un modelo es más preciso cuanto más se acerca a la realidad, pero también es más difícil y complejo de construir.

La variedad de los modelos depende del tipo de fenómenos que se estudian y de las posibilidades conceptuales y experimentales disponibles. En cualquier caso **siempre hay una distancia entre el modelo y la realidad**. Algo que es necesario tener en cuenta para valorar bien el alcance de los resultados obtenidos.

Como sucede en los conceptos, los modelos también tienen:

- Un **significado** que en este caso se determina teóricamente. Por ejemplo, entre las características del sistema de Newton se encuentra que la masa se concentra en unos puntos que no tienen volumen.
- Y una **referencia** que viene condicionada por el significado del modelo y apunta a una realidad. Los puntos con masa de Newton se refieren a planetas concretos y reales del Sistema Solar.

El modelo **puede construirse y reelaborarse con libertad**. Su significación quedará fijada de acuerdo con el trabajo teórico. Mientras que su referencia a la realidad admitirá modalidades diferentes en cada caso.

Sin embargo, **es esencial que el modelo tenga los conceptos necesarios para establecer la referencia a la realidad**. Por lo tanto, además de formular las definiciones teóricas oportunas, se deben indicar los procedimientos experimentales que proporcionan la base empírica imprescindible para la aplicación del modelo. De este modo se establece una correspondencia esencial entre los modelos y los datos experimentales.

El modelo por tanto se encuentra entre la teoría y la realidad. Por una parte **concreta la teoría** y por otra **simplifica la realidad**. Desde la teoría se construye el modelo en relación a (1) los conceptos teóricos y (2) los procedimientos experimentales que se van a realizar para poder fundamentar empíricamente el modelo.

3. Enunciados científicos

Desde el punto de vista lógico, existe una gran variedad de enunciados científicos. Consideraremos tres tipos que tienen especial relevancia para la valoración del conocimiento científico: los enunciados observacionales, las leyes experimentales y los principios generales.

3.1. Enunciados observacionales

Los *enunciados observacionales* expresan datos obtenidos mediante observación o experimentación. Por ejemplo, el valor de la temperatura de un gas, la trayectoria de una partícula, o la composición química de una substancia. Es evidente que este tipo de enunciados se encuentra en la base de la actividad científica.

La **validez** de estos enunciados depende de la validez de los datos que recogen. Es decir, están en función de los supuestos teóricos y de la fiabilidad de las técnicas utilizadas para recoger las observaciones. ***Un enunciado observacional no equivale a la simple traducción de un hecho de experiencia.***

El significado y la referencia de esos enunciados se determinan en el contexto de los recursos teóricos y experimentales disponibles en un momento dato. Ese contexto incluye estipulaciones y puede cambiar. Pero si está bien determinado, es posible formular enunciados observacionales válidos.

3.2. Leyes experimentales

Las *leyes experimentales* relacionan conceptos observacionales. Por ejemplo, la ley de los gases perfectos incluye tres magnitudes cuyos valores pueden determinarse mediante procedimientos empíricos: la presión, el volumen y la temperatura. Es evidente que estas leyes desempeñan una función muy importante en la actividad científica.

> Por ejemplo, la construcción de sistemas teóricos se apoya en leyes experimentales. Newton tomó como base de su sistema las leyes de Kepler sobre los movimientos de los planetas alrededor del Sol.

Las leyes experimentales pueden comprobarse según la precisión permitida por los conceptos e instrumentos disponibles y en unas condiciones determinadas.

> Por ejemplo, la ley de los gases ideales se convierte en un enunciado verdadero o falso cuando se sustituyen la presión, el volumen y la temperatura por sus valores medidos. Se observa entonces que es válida para bajas presiones y suponiendo que las moléculas: se comportan de modo aleatorio; tienen dimensiones despreciables; no ejercen fuerzas de atracción; y sus choques son perfectamente elásticos. Si esos supuestos no se cumplen, la ley tampoco se cumple y hay que recurrir a otras formulaciones.

Una ley experimental **no es una traducción exacta de las leyes de la naturaleza**. En realidad, esas leyes son relaciones que se cumplen en condiciones determinadas.

Por lo tanto, como en el futuro los conceptos se podrán precisar y los instrumentos de medición se podrán mejorar, **todas las leyes son aproximadas, provisionales y relativas**. Sin embargo, ello no impide que una ley sea válida en su contexto propio.

3.3. Principios generales

Como ya se adelantó en el primer apartado del tema 6, los *principios generales* expresan relaciones de conceptos teóricos que se suponen válidas de modo general. Un ejemplo típico son los *principios de conservación* de la masa y la energía, del momento, de la paridad, etc. Son tan útiles en la actividad científica que en caso de conflicto entre la experiencia y alguno de estos principios, se prefiere mantener los principios generales a costa de introducir nuevos conceptos e hipótesis auxiliares.

4. Sistemas teóricos

Un *sistema teórico* es un conjunto de enunciados que se encuentran ordenados entre sí mediante relaciones lógicas. Un ejemplo de sistema teórico es la mecánica cuántica.

Estos sistemas se llegan a formular cuando se dispone de un conjunto de leyes experimentales. **Son sistemas consistentes pero abiertos**, es decir, susceptibles de mejoras para dar razón de nuevas leyes o para incorporar nuevos resultados. Por este motivo, la formulación de los sistemas suele realizarse de modo fragmentario. Aun así se suelen distinguir dos prototipos de sistemas teóricos: fenomenológicos y representacionales.

- Los **sistemas fenomenológicos** están más próximos a los fenómenos, lo que permite obtener explicaciones y predicciones muy seguras pero poco profundas. En estos sistemas, una vez fijadas las reglas de correspondencia, la comprobación de los enunciados teóricos se realiza sin dificultad, ya que los conceptos utilizados o bien son observacionales o bien se reducen a ellos.

- Los **sistemas representacionales** pretenden dar explicación de estructuras y procesos inobservables. En estos sistemas aumenta la profundidad de la explicación a costa de la fiabilidad. Además, la comprobación de los enunciados teóricos es bastante compleja porque el objeto se define mediante propiedades inobservables.

Ambos enfoques se complementan y, de hecho, las teorías se suelen situar en algún lugar intermedio entre estos dos extremos.

Kuhn ha subrayado que, aunque existen criterios de aceptabilidad de los sistemas teóricos, estos se deben complementar con la apreciación de los científicos. **La elección de teorías se rige por criterios objetivos**, no es un asunto de gustos, pero a la vez **incluye evaluaciones** que no pueden ser obviadas. Dicha elección no puede decidirse mediante la aplicación automática e impersonal de una especie de algoritmo, pero a la vez es compatible con la existencia de criterios rigurosos.

> Independientemente de los indicados en el apartado 3 del tema 6, Thomas Kuhn ha señalado sus propios criterios: **precisión, consistencia, alcance, simplicidad y fecundidad**. Una teoría es precisa si sus consecuencias concuerdan bien con los resultados de los experimentos y observaciones disponibles. Es consistente si en la teoría no existen contradicciones internas y la teoría está de acuerdo con otras teorías aceptadas. Tiene alcance si las consecuencias de la teoría se extienden más allá de los datos particulares que inicialmente intentaba explicar. Es simple si permite ordenar fenómenos que de otro modo permanecerían aislados. Y es fecunda cuando es capaz de promover nuevos hallazgos en la investigación científica.

Una interesante cuestión a dirimir es si se puede hablar de progreso científico. En una primera aproximación, **parece evidente que sí** ya que la característica más espectacular de la ciencia experimental es precisamente su progreso.

- En algunos casos, el progreso es indiscutible, como cuando comienza a existir una parte de la ciencia que antes no existía. Este **progreso es *acumulativo* y *lineal***.
- Sin embargo, en otros casos, como en **el *progreso intra-disciplinar*** no es tan fácil de determinar, porque este tipo de progreso **no es lineal**.

  Por ejemplo hay grandes dificultades cuando se intenta comparar sistemas como la mecánica clásica, la relatividad o la mecánica cuántica, cuyas formulaciones difieren en aspectos básicos. En la situación actual se sostiene que la mecánica cuántica es un caso particular de los otros dos. Sin embargo, la confrontación entre las otras dos teorías permanece en pie. Y es difícil compararlas, porque, por ejemplo, la relatividad es una teoría continua donde el tiempo es variable, mientras que la mecánica cuántica es una teoría discreta donde el tiempo se considera constante.

La valoración del progreso en el interior de una disciplina presenta dificultades que se refieren a cambios conceptuales y experimentales que, además, son frecuentes cuando la disciplina realmente progresa en busca de nuevas explicaciones y aplicaciones.

Ahora bien, **¿por qué es importante evaluar el progreso intra-disciplinar?** Se pueden señalar tres motivaciones.

- La **motivación filosófica** que pretende obtener una imagen del progreso científico como apoyo para las propias ideas filosóficas. Por ejemplo, para defender que la ciencia experimental debe ser el paradigma de todo conocimiento válido.
- El deseo de encontrar criterios que permitan evaluar el valor potencial de las teorías, en vista a la **investigación futura**. Este motivo es fundamental para aquellas investigaciones que requieren del empleo de grandes recursos humanos y materiales, y es razonable preguntarse por las perspectivas de éxito.
- La **motivación epistemológica** de valorar el progreso científico en sí mismo. Se busca una imagen real del progreso que permita comprender adecuadamente cuál es su naturaleza y de qué factores depende.

Una vez determinadas las razones por las que puede ser interesante estudiar el progreso intra-disciplinar, hay que ver si es posible determinar su existencia.

> Esta cuestión se encuentra estrechamente relacionada con el problema de **la *conmensurabilidad* de las teorías**. Thomas Kuhn afirmó que los paradigmas (y las teorías que lo componen), normalmente, no se pueden comparar, son inconmensurables, porque contienen diferentes conceptos básicos y utilizan diferentes modos de experimentar. La conclusión que parece desprenderse de esta afirmación es que el progreso científico, o bien no existe, o bien es irracional, porque no puede explicarse racionalmente que una teoría sea mejor que otra.

Sin negar las dificultades para comparar dos teorías que entran en competencia, Craig Dilworth ha propuesto tres **criterios para juzgar la aceptabilidad de los sistemas**: (1) su **exactitud o precisión** que se comprueba mediante medidas empíricas; (2) el **alcance o amplitud** de los problemas que puede resolver; y la **sencillez** de la teoría, que depende de la cantidad y complejidad de las modificaciones que se introducen en ella para explicar los datos empíricos. Los dos primeros factores son empíricos y el tercero tiene un carácter más teórico.

En resumen, no hay que entender el progreso científico como si se tratase de un edificio en construcción en el que lo ya construido queda subsumido en el conjunto del edificio. Ni tampoco como si fuese una ciudad que se reconstruye de nuevo cada vez que se da un progreso significativo. **El progreso en la ciencia experimental es más bien como la construcción de una ciudad en la que se armoniza lo nuevo y lo viejo**; se construyen nuevos edificios y a la vez que se remodelan o derriban los antiguos. **El progreso existe pero no es siempre lineal y acumulativo**.

Ejercicio 1. Vocabulario

Identifica el significado de las siguientes palabras y expresiones usadas:

- Concepto clasificatorio
- Concepto comparativo
- Magnitud
- Modelo
- Idealización
- Significado
- Referencia
- Enunciado observacional
- Ley experimental
- Principio general
- Sistema teórico
- Sistema fenomenológico
- Sistema representacional
- Progreso acumulativo
- Progreso lineal
- Progreso intra-disciplinar

Ejercicio 2. Guía de estudio

Contesta a las siguientes preguntas:

1. ¿En qué grandes grupos se pueden clasificar los conceptos científicos?
2. ¿Qué se entiende por significado y referencia en los conceptos y en los modelos?
3. ¿Qué es un modelo y por qué razones son tan variados entre sí?
4. ¿Cuál es el papel del modelo respecto a la teoría y a la realidad?
5. Señala algunos tipos de enunciados científicos y en qué consisten.
6. ¿Entre qué dos extremos pueden variar los sistemas teóricos?
7. Compara los criterios de aceptabilidad señalados por Kuhn con los vistos en el apartado sobre el método hipotético-deductivo del tema anterior.
8. ¿Son suficientes los criterios de aceptabilidad para dar por buena una teoría?
9. ¿En qué sentidos se puede hablar de progreso en la actividad científica?
10. ¿Qué motivaciones puede haber para evaluar la existencia de progreso intra-disciplinar?
11. ¿Qué criterios señala Dilworth para comparar el progreso de los sistemas teóricos?
12. Según la analogía de la edificación, ¿a qué tipo de construcción se parece la ciencia?

Ejercicio 3. Comentario de texto

Lee el siguiente texto y haz un comentario personal utilizando los contenidos aprendidos:

La física nos dice sobre el mundo físico mucho menos de lo que pensábamos (…) Lo que sabemos sobre el mundo físico (…) es mucho más abstracto de lo que se suponía. (…) Sobre las leyes de este tipo de sucesos [físicos] sabemos algo, – tanto como lo que puede expresarse en fórmulas matemáticas – pero de su naturaleza no sabemos nada (…) La teoría de la relatividad ha logrado muchísimo en este sentido, y al hacerlo, nos ha acercado a la estructura básica, que es la meta de los matemáticos –no porque sea la único que les interesa, como seres humanos, sino porque es la única cosa que se puede expresar en fórmulas matemáticas (…) El físico (…) no sabe nada de la materia, al margen de ciertas leyes de sus movimientos.

Bertrand Russell
ABC of relativity

TEMA 8

LA VERDAD CIENTÍFICA

Se considera que la objetividad es un valor de la ciencia. Esta objetividad puede entenderse en dos sentidos, como validez intersubjetiva o como algo que pertenece al objeto, que se da en la realidad. En el primer sentido se afirma que los métodos y resultados científicos son válidos para cualquier sujeto, independientemente de sus convicciones personales. Mientras que en el segundo sentido se llega a afirmar que el conocimiento alcanzado es verdadero. Evidentemente, ambos significados se encuentran estrechamente relacionados, pero no son idénticos. Es preferible examinarlos por separado y siguiendo un orden: primero la intersubjetividad y después la verdad.

SUMARIO

En la ciencia experimental todas las **hipótesis** deben cumplir un requisito mínimo: que se puedan controlar experimentalmente. Esta exigencia de ***control experimental*** implica que debemos ***definir conceptos*** que relacionen la teoría con la experimentación.

- Cuando definimos estos conceptos, acotamos un **ámbito de *intersubjetividad***. Cualquier persona podría utilizar los conceptos en el mismo sentido que nosotros lo hacemos y llegar a los mismos resultados.

El acuerdo sobre el uso de los conceptos define un ámbito de la realidad que goza de una especial objetividad. Es un acuerdo sobre el modo de usar las nociones: las usamos del mismo modo; y sobre esta base se construye el acuerdo intersubjetivo. La intersubjetividad se alcanza a través de un modo de operar que se orienta al conocimiento: los conceptos, modelos, etc., significan lo que significan porque los usamos como los usamos. Este aspecto operacional se establece recurriendo a instrumentos, pero no se reduce a su puro manejo. La intersubjetividad de la ciencia experimental tiene una estrecha conexión con la capacidad de realizar controles experimentales.

- En otras palabras, **la *objetividad* científica resulta de *construir un objeto* estableciendo su relación con los experimentos**. Se obtiene así una ***intersubjetividad* de carácter operacional**.
- De este modo se pueden compaginar **los aspectos *público* y *privado* del conocimiento científico**: soy yo el que conoce, pero conozco cosas que otros pueden conocer.

La ciencia experimental busca formulaciones intersubjetivas (aspecto público) cuya validez no dependa de interpretaciones subjetivas (aspecto privado). Sin embargo, la fuente originaria de todo conocimiento es estrictamente personal (aspecto privado).

- Los acuerdos intersubjetivos se pueden establecer porque hay unos conocimientos subjetivos que remiten a las experiencias personales asociadas a una realidad externa sobre la que se puede ejercitar un control experimental.

Los experimentos más interesantes suelen suponer una cadena de procesos en los que están involucradas instalaciones muy complejas, de tal manera que su realización exige que se utilice todo un conjunto de teorías, interpretaciones y prácticas que requieren gran pericia. Luego, **el control experimental admite**

grados porque dicho control exige (1) un conjunto de interpretaciones, (2) los oportunos conocimientos y (3) una pericia especial.

- Las comprobaciones experimentales son realizadas gracias a la **competencia de expertos**, que son capaces de idear métodos sofisticados y de ejecutar e interpretar operaciones instrumentales muy complejas.

  Cuando se afirma que la intersubjetividad remite a experimentos que pueden ser comprobados por cualquiera, se da por supuesto que se trata de un experimentador competente. En realidad, suelen ser pocas las personas comprendidas bajo ese calificativo.

El control experimental está relacionado con la **capacidad de repetir el experimento**, siendo mayor cuando se puede repetir con más precisión y control; y menor cuando el objeto científico de estudio no se asocia con experimentos repetibles.

- La repetición exacta de un experimento resulta técnicamente imposible porque las condiciones no son siempre las mismas.

  Los procedimientos experimentales se encuentran en **continua evolución**. Cuando se repite un experimento, se hace por ejemplo con instrumentación más avanzada o con la intención de alcanzar nuevos objetivos. Se suele mantener lo esencial de las estipulaciones ya establecidas anteriormente, pero **sin limitarse a repetir experimentos realizados anteriormente**.

- Además, aunque fuese posible, la repetición exacta tampoco sería deseable porque el resultado sería el mismo. La repetición de un experimento requiere cierta variabilidad.
- En aquellos casos donde no se pueden realizar experimentos repetibles, se buscan **hechos que se pueden clasificar**: hechos de un determinado tipo que sigue ciertos patrones.

  Por ejemplo, una explosión estelar no se puede repetir, pero sí se puede estudiar el fenómeno de la explosión estelar como fenómeno gobernado por unas leyes que han dejado su rastro. O pensemos también en ciencias como la geología o la astronomía, dónde el papel de los experimentos tiene un rol menor respecto al papel de la observación.

1.1. Convenciones y estipulaciones

La ciencia experimental no es un simple producto de hechos puros y de inferencias lógicas. La construcción de teorías y su comprobación experimental requiere de ***estipulaciones* o *convenciones*** para definir los conceptos. Este as-

pecto convencional de la ciencia es crucial, ya que ***permite la objetividad y la intersubjetividad*** *pero también es una de las razones por las que no puede existir una demostración lógica perfecta*.

La construcción de los conceptos científicos exige interpretaciones, ya en el caso de los conceptos básicos próximos al nivel de lo observable, pero con más razón en los conceptos derivados, construidos a partir de los básicos.

Sin embargo, **interpretación no significa arbitrariedad**. Las estipulaciones que se adoptan deben conducir a teorías coherentes que estén de acuerdo con datos precisos obtenidos mediante experimentación. La necesidad de recurrir a estipulaciones facilita que se pueda conseguir un alto rigor demostrativo, porque las estipulaciones mediante las que se establecen los conceptos científicos no son arbitrarias.

Entre los distintos **tipos de convenciones o estipulaciones** que se utilizan en la actividad científica, se pueden distinguir las siguientes:

- ***Instrumentales****:* son necesarias para la medición mediante instrumentos. Cuanto más complejo sea el dispositivo, mayores serán las estipulaciones instrumentales. Por ejemplo, una balanza que se usa para pesar requiere aceptar ciertas reglas de empleo, respetar y conocer ciertas leyes físicas por las que va a funcionar la balanza, o definir las magnitudes básicas que se van a emplear: libras, kilogramos…
- ***Funcionales****:* se refieren a la expresión formal de las leyes científicas. La formulación cuantitativa exige el empleo de matemáticas. Por ejemplo, es necesario ponerse de acuerdo en qué significan las expresiones F = m · a, 2 kg, 5N…
- ***Axiomáticas****:* incluyen las decisiones mediante las cuales se toman determinados enunciados como axiomas básicos de una teoría. Como una misma teoría admite diversas formulaciones, existe siempre un elemento convencional en tales decisiones. Por ejemplo, según se acepte o no el quinto axioma de Euclides (por un punto exterior a una recta dada solo cabe trazar una paralela), las geometrías que se pueden obtener serán euclídeas o absolutas (no-euclídeas).
- ***Judicativas***: determinan las condiciones en que se considera que una construcción teórica debe ser aceptada o rechazada. Sirven para estimar qué debe hacerse en caso de conflicto entre la teoría y el experimento. Por ejemplo, qué hacer ante un experimento fallido: reformular la teoría, completarla con hipótesis auxiliares, reinterpretar los resultados experimentales, rehacer el experimento…

- *Normativas*: se refiere a las relaciones entre el conocimiento de la ciencia experimental y otras modalidades cognoscitivas. Definen el alcance de la ciencia experimental y su integración dentro del conjunto del conocimiento humano.

Estas convenciones nos dan la estructura de la ciencia real. **En ciencia, primero se admiten todo un conjunto de estipulaciones y luego se llega a resultados empíricos que serán verdaderos dentro del contexto en que se han formulado**. Por lo tanto, la validez de los enunciados científicos es contextual: depende de un contexto teórico y práctico que es el conjunto de las estipulaciones admitidas en cada caso.

- Todos los enunciados empíricos dependen **de unas convenciones o estipulaciones que son *a priori***, previas a los resultados que se obtengan.
- Lo único absoluto en ciencia son unos ***enunciados metateóricos*** **del tipo *Si... entonces...*** Si presuponemos un cierto grupo de estipulaciones *a priori*, entonces obtenemos estos resultados empíricos.

> Por ejemplo, si suponemos que el espacio es euclídeo, como hizo Newton, entonces observamos fuerzas gravitacionales. Mientras que si suponemos que el espacio es un espacio de Riemann, como hizo Einstein, observamos la curvatura del espacio. Lo que antes se explicaba mediante fuerzas gravitacionales ahora se explica mediante la curvatura del espacio.

La objetividad científica es contextual no absoluta. Pero eso no significa que sea relativa, porque los factores convencionales no son arbitrarios.

La *existencia de estipulaciones* ***no aumenta la arbitrariedad, sino que la disminuye***. Una vez que se ha admitido un conjunto de estipulaciones, el ámbito de lo que es aceptable queda bien definido. Es precisamente la existencia de estipulaciones lo que lleva de la mano a la intersubjetividad característica de la ciencia experimental. *La utilización de estipulaciones* ***no impide la intersubjetividad, sino que la hace posible***.

> Por ejemplo, si comparamos el peso de dos objetos prácticamente iguales, podemos no estar de acuerdo sobre cuál pesa más. Pero si utilizamos una balanza (y los dos estamos de acuerdo en que es un buen modo de comparar pesos) es más fácil que lleguemos a la misma conclusión sobre cuál es el objeto más pesado de los dos.

La construcción de teorías, la realización de experimentos y su relación mutua, sería imposible si no se establecieran unos criterios, estipulaciones o convenciones, que permitan interpretarlos. El problema solo surgirá si se pretende fundamentar la intersubjetividad sobre unas bases rigurosamente lógicas. **En**

ciencia no existe una *demostración lógica* perfecta. Lo que de hecho se consigue son *demostraciones contextuales*, relativas al contexto de las estipulaciones adoptadas que, a su vez, están sujetas a modificaciones.

Resumiendo lo que se ha expuesto hasta ahora. La actividad científica busca el conocimiento de la naturaleza, y para ello recurre a construcciones teóricas que no son meras traducciones de la realidad. Esas construcciones, y los métodos utilizados para comprobar experimentalmente su valor, se apoyan en supuestos convencionales. La existencia de supuestos convencionales no solo no impide la intersubjetividad, sino que es una condición que la hace posible. Una vez establecidas las bases de una objetivación rigurosa, se obtienen demostraciones intersubjetivas igualmente válidas, si bien se trata siempre, en ese ámbito, de demostraciones contextuales, ya que su validez se refiere al contexto teórico y práctico de cada objetivación particular. Con esto se puede alcanzar una objetividad científica de valor intersubjetivo. Lo que permite hablar de verdad científica en un sentido débil.

Ahora bien, **¿es posible hablar de objetividad científica, en un sentido fuerte, como conocimiento de la realidad?** ¿Se corresponden las construcciones científicas con la realidad?

2. Dimensión objetiva de la verdad científica

Comencemos por distinguir tres aspectos bajo los cuales nos podemos referir a la verdad: el contextual, el pragmático y el de correspondencia con la realidad.

- **Desde un punto de vista *contextual*, un enunciado es verdadero cuando satisface las reglas de validez de un determinado contexto teórico**. Una vez fijadas las estipulaciones de una teoría científica, los enunciados que mediante ella se demuestran son verdaderos en ese contexto.

  Poniendo una analogía con el lenguaje, es como si en un nivel sintáctico fuese capaz de construir enunciados con significados bien compuestos. Lo que digo tiene sentido en sí mismo. Supongamos que mi teoría equivale a hablar muy bien y con sentido unos de estos dos idiomas: el élfico o el inglés.

- **Desde el punto de vista *pragmático*, un enunciado es verdadero si permite resolver los problemas científicos que nos planteamos**. Cuando las demostraciones contextuales están bien establecidas, o sea, cuando se consigue relacionarlas con la experimentación, entonces puede afirmarse

su verdad pragmática, puesto que es posible aplicarlas a la explicación y control de problemas.

> Siguiendo con la analogía, lo que digo tiene sentido y me permite actuar. Es decir, lo que hablo me sirve para moverme en un contexto real, tiene aplicación práctica. Por ejemplo, llamo por teléfono para pedir un taxi y realmente viene un taxi. Si estuviera en Londres el élfico no me habría servido para pedir el taxi (doy por supuesto que los taxistas londinenses no hablan élfico) mientras que un poco de inglés o quizá de algún otro idioma sí me hubiera servido. O incluso salir a la calle, estirar el brazo cuando pasa un taxi y entregarle luego al taxista una nota con la dirección me habría servido.

- **La verdad como *correspondencia con la realidad* queda establecida una vez se consiguen las dos anteriores: verdad contextual y verdad pragmática**. Los enunciados se refieren al modelo ideal definido en la objetivación respectiva, y ese modelo se refiere a la realidad a través de un conjunto de criterios operativos. Por tanto, los enunciados que son válidos en el contexto de las condiciones teóricas y prácticas establecidas, se corresponden con la realidad dentro de esos límites, según las modalidades diversas de cada caso.

> Por seguir con el ejemplo, el grado de comunicación que consiga en Londres, dependerá de mi dominio del idioma o idiomas necesarios para comunicarme allí. Necesito dominar el idioma y utilizarlo para comunicarme. En la medida en que mejore en esos dos aspectos, mi conocimiento y dominio cultural será mayor.

Por tanto, *mediante la tarea científica se pueden alcanzar* ***conocimientos que son auténticos, al mismo tiempo que parciales, aproximados y perfectibles***.

- **Parciales** porque solo se refieren a los aspectos de la realidad que son accesibles a la objetivación correspondiente.
- **Aproximados** porque las construcciones teóricas corresponden a la realidad dentro de un margen impuesto por las posibilidades teóricas y los experimentales disponibles.
- Y **perfectibles** ya que podemos conseguir objetivaciones más profundas y exactas.

3. El debate sobre la verdad científica

3.1. Un realismo moderado

Los razonamientos recién expuestos nos llevan a un realismo auténtico (podemos alcanzar conocimientos verdaderos acerca de la realidad) pero no in-

genuo, ya que está matizado por el carácter contextual y parcial de la verdad científica.

- ***Hay una intención realista de la actividad científica***. La actividad científica se refiere a aspectos reales de la naturaleza utilizando un lenguaje artificial. El punto de partida son entidades, propiedades y procesos accesibles a la experiencia ordinaria, pero sobre esa base se definen otras entidades, propiedades y procesos que pertenecen a modelos ideales cuya referencia a la realidad no es inmediata. Las construcciones teóricas son el instrumento mediante el cual se busca conocer la realidad, pero no son meras traducciones de ella.
- **El *realismo depende del nivel de organización del objeto que estudiamos***. Es evidente que la geología tiene un sentido claramente realista: cuando un geólogo explica cómo se ha formado la corteza terrestre, propone una explicación real. El biólogo evolucionista también intenta proponer una representación del curso real de los acontecimientos e intenta determinar sus causas. Algo semejante sucede en la química y en la astrofísica. En cambio, las teorías cuánticas de campos proponen modelos matemáticos muy abstractos que se refieren a la realidad de un modo mucho más indirecto y sofisticado.

Lo visto hasta ahora nos lleva a afirmar que **es legítimo adoptar un realismo moderado** según el cual, cuando conseguimos comprobar la validez de las construcciones teóricas en un contexto científico bien definido, podemos afirmar que corresponden a la realidad según el contexto correspondiente.

Este realismo moderado **presupone una base filosófica realista** que está ya implícita en la actividad científica.

- La exigencia del control experimental en la ciencia es incompatible con doctrinas idealistas, empiristas o escépticas.
- La posibilidad de alcanzar un acuerdo intersubjetivo se explica gracias a la existencia de esa base común.

Ese mínimo de realismo se puede sintetizar en tres puntos.

- En primer lugar ***existe en la naturaleza un orden que puede ser captado por el entendimiento humano***.

Esta afirmación comprende tres aspectos. Primero, que existen unas estructuras reales, un orden que no es creado por el conocimiento humano, que tiene una consistencia propia. Segundo, que esas estructuras son inteligibles, de modo que el orden interno de la naturaleza puede ser conocido por el hombre.

Y tercero, que el hombre posee efectivamente la capacidad para penetrar en ese orden real.

La existencia misma de la ciencia experimental y su progreso confirman la validez de estas afirmaciones. Cuanto mayor es el progreso científico, es más patente la existencia de leyes que llegan a ser conocidas y utilizadas para un dominio controlado de la naturaleza. En este sentido, *el progreso científico constituye una prueba positiva del realismo y, a la vez, amplía y precisa el realismo supuesto por la actividad científica*.

Una visión subjetivista de la ciencia deberá enfrentarse con el hecho de que, si bien la formulación de las construcciones teóricas es una invención nuestra, su comprobación y aplicación no pueden realizarse de modo arbitrario. Las doctrinas de tipo subjetivista o escéptico resultan incoherentes con los resultados alcanzados mediante la ciencia.

- En segundo lugar, ***es posible alcanzar la certeza en la posesión de la verdad***. La verdad se encuentra en el plano objetivo, ya que expresa la adecuación entre nuestros enunciados y la realidad. En cambio, la certeza se encuentra en el plano subjetivo, pues se refiere al grado de seguridad subjetiva con que se afirma algo como verdadero o falso. El conocimiento humano con todas sus limitaciones puede llegar a tener certezas sobre la naturaleza.
- En tercer lugar, ***existe continuidad entre el conocimiento ordinario y el de la ciencia experimental***. Por un lado, la actividad científica se apoya continuamente sobre el conocimiento ordinario y por otro lado, los cánones básicos de validez son fundamentalmente idénticos en los dos casos. Ciertamente, son grandes las diferencias entre los procedimientos utilizados, pero la valoración del conocimiento siempre depende, en definitiva, de la experiencia y del razonamiento correcto.

3.2. La interpretación estándar en ciencia

En la filosofía de la ciencia contemporánea se suele afirmar que nunca podemos alcanzar conocimientos ciertos. De ahí resulta una imagen del conocimiento científico, que difiere de la que se ha presentado en el apartado anterior y puede resumirse en cinco puntos:

- **Realismo ontológico**: existe una realidad independiente de nuestro conocimiento.

- **La verdad es una idea reguladora**: la ciencia experimental se dirige hacia el conocimiento de la realidad.
- **Imposibilidad del justificacionismo**: debido a motivos lógicos, las demostraciones de la ciencia experimental nunca son definitivas.
- **Falibilismo**: como consecuencia del anterior, ningún enunciado de la ciencia experimental puede ser afirmado con certeza.
- **Verdad parcial**: no obstante, el método experimental permite corregir nuestras hipótesis contrastándolas con la experiencia, de modo que podemos avanzar en nuestro conocimiento de la realidad.

El problema de la interpretación estándar que se acaba de presentar es que, aunque rechaza la solución racionalista, **sigue aceptando el planteamiento racionalista**.

- Primero presupone que solo puede existir certeza acerca de los enunciados científicos si estos se pueden demostrar de modo concluyente mediante argumentos puramente lógicos. Después, una vez aceptada esta idea, el falibilismo es inevitable.

Sin embargo, el conocimiento humano no funciona de modo racionalista, porque, en toda demostración, existen aspectos convencionales (las diversas estipulaciones, a las que nos hemos referido). Gracias a esas estipulaciones podemos alcanzar conocimientos verdaderos, y además saber que los hemos alcanzado, aunque se trate de una verdad limitada y perfectible.

El camino para explicar la verdad científica puede parecer paradójico. Primero consiste en **reconocer** tanto **las limitaciones** de nuestro conocimiento como los aspectos convencionales que intervienen en la construcción del objeto científico y en las demostraciones. Para después delimitar en qué sentido las construcciones teóricas se refieren a la realidad.

La paradoja reside en que **el punto de partida para fundamentar un concepto de verdad *no convencional*, no arbitrario diríamos, es precisamente el reconocimiento de los factores convencionales de la ciencia**. Además que un conocimiento sea *limitado* y *perfectible* no significa que sea *falso*, sino que *existen diversos grados de certeza*.

> Dicho con otras palabras, para alcanzar un conocimiento científico de la realidad, lo primero que hace el científico es auto-limitarse. Primero reconoce que no lo puede conocer todo, aunque no lo explicite; y luego estrecha el ámbito de lo conocible a un nivel *manejable*. Define conceptos, métodos, instrumentos… y elabora construcciones científicas que le permiten tener un acceso *objetivo* a la realidad. El

conocimiento que consigue así es un conocimiento objetivado, aunque mediado y limitado.

En una analogía con el lenguaje podríamos decir que primero se crean las palabras con que referirse a las cosas: palabras que se refieren a objetos reales, a acciones, a descripciones… palabras que no pueden contener toda la realidad, palabras que limitan la realidad cognoscible, palabras que permiten referirse a la realidad de un modo objetivo y verdadero.

Al igual que las palabras significan lo que significan porque las usamos como las usamos, se podría decir que las construcciones científicas significan lo que significan porque las usamos como las usamos. Definir bien las palabras, o las construcciones científicas, permite hablar objetivamente sobre la realidad; y en la medida en que las «definiciones» sean mejores ese hablar objetivo sobre la realidad será más preciso, aunque menos apto para hablar de lo más abstracto.

Por ejemplo, el verbo «edificar» es más preciso que los verbos «hacer» o «construir»; o el color «verde lima», más preciso que «el verde». Análogamente, algunas construcciones científicas son más precisas que otras y, en cualquier caso, siempre perfectibles. El idioma inglés es especialmente plástico para delimitar el significado de las palabras, por ejemplo cuando usa verbos como «*to skype*» o «*to metro*» para referirse a modos de llamar o de viajar. A la vez los verbos más genéricos como «*to be*» resultan ser mucho más ricos. La auto-limitación aumenta la precisión pero a costa de estrechar el campo de visión. Algo muy a tener en cuenta en la actividad científica.

3.3. Otras interpretaciones

Se ha presentado una imagen de la ciencia tal y como parece deducirse de la propia actividad científica y tal y como la observan la mayoría de los científicos. Aun así no es el único modo de entenderla. En la actualidad hay lecturas historicistas, sociologicistas, constructivistas, feministas… de la ciencia, que parecen corresponderse más con las modas filosóficas de cada época que con la actividad científica en sí.

La tentación de utilizar la ciencia en apoyo de ideologías que le son extrañas ha sido frecuente. En el siglo XVIII, los materialistas pretendieron apoyar sus ideas en el progreso de la física. Posteriormente, el positivismo, el empirismo y el marxismo siguieron la misma línea desde el siglo XIX hasta la mitad del siglo XX. En la actualidad la ciencia no se encuentra exenta de estas interpretaciones, pero se ha tomado más conciencia de los peligros de la seudo-ciencia y del reduccionismo.

- En el **ámbito especializado** el nivel de ideologización es menor que en otros ámbitos, ya que los científicos se enfrentan al juicio de sus colegas.

Los científicos son capaces de identificar con facilidad los intentos de ideologizar la ciencia y suelen oponerse a ellos.

- Sin embargo, en el **ámbito divulgativo** las confusiones son más fáciles y mucho más frecuentes. La transmisión de la ciencia contribuye a configurar los valores de la sociedad y la tentación de servirse de tan poderoso instrumento para difundir ideología es considerable.

En la actualidad, la mayoría de los científicos reconocen los límites de su ciencia, y que existe una complementariedad entre la ciencia y otros ámbitos de saber. Aun así, son patentes los casos extremos de cientificismo reduccionista, propios de quien no admite *nada más que* lo que afirma la ciencia, sin advertir que existen otras dimensiones de la realidad. En cualquier caso, **el rigor científico se convierte en el mejor aliado para luchar contra los excesos del cientificismo**.

Ejercicio 1. Vocabulario

Identifica el significado de las siguientes palabras y expresiones usadas:

- Intersubjetividad
- Objetividad
- Construir un objeto científico
- Carácter operacional
- Estipulaciones instrumentales
- Convenciones funcionales
- Convenciones axiomáticas
- Estipulaciones judicativas
- Estipulaciones normativas
- Demostración lógica perfecta
- Arbitrariedad
- Verdad contextual
- Verdad pragmática
- Verdad como correspondencia con la realidad
- Realismo moderado
- Divulgación científica

Ejercicio 2. Guía de estudio

Contesta a las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es la relación de los conceptos con las hipótesis, el control experimental y la intersubjetividad?
2. ¿Cómo se compaginan los aspectos público y privado del conocimiento científico?

3. Cuando se dice que los experimentos tienen que poder ser realizados por cualquiera, ¿qué significa?
4. El que existan convenciones, estipulaciones e interpretaciones, ¿hace aumentar la arbitrariedad de los resultados científicos?
5. Señala algunos de los tipos de convenciones o estipulaciones.
6. ¿Qué significa que la validez de los enunciados científicos es contextual? ¿Qué es relativa?
7. La verdad como correspondencia con la realidad queda establecida una vez se consiguen la verdad contextual y la pragmática, ¿lo podrías explicar?
8. ¿Qué características tienen los conocimientos que se pueden alcanzar con la tarea científica?
9. ¿En qué puntos se puede sintetizar el realismo moderado?
10. ¿En qué se diferencia la interpretación estándar de la filosofía de la ciencia contemporánea respecto al realismo moderado? ¿Por qué?
11. ¿Por qué es más fácil que en el ámbito divulgativo el nivel de ideologización sea mayor que en el ámbito especializado?

Ejercicio 3. Comentario de texto

Lee el siguiente texto y haz un comentario personal utilizando los contenidos aprendidos:

La ciencia se marchita pronto sin la interacción entre los científicos. Incluso un matemático puro que podría no necesitar más instrumentos que lápiz y papel, no puede prescindir de la comunidad de los demás matemáticos. Para hacer ciencia es una necesidad vital discutir, poner a prueba las teorías del contrario (para refutarlas o confirmarlas), reproducir sus experimentos… Y precisamente lo que da solidez y fiabilidad a la ciencia es que las teorías de cada científico están sometidas a la crítica permanente de los demás, y abiertas a la posibilidad de ser refutadas por los experimentos de un rival.

Juan Meléndez
De Tales a Newton, p. 316

TEMA 9

CIENCIA, RAZÓN, FE... Y ÉTICA

Cuando las ciencias particulares fueron adquiriendo una consistencia propia a partir del siglo XVII, el espectacular progreso de la ciencia experimental llevó a relegar a la filosofía a un segundo plano, y ese proceso ha continuado hasta la actualidad. Va siendo hora de que la filosofía vuelva a ocupar el lugar que le corresponde en relación a la ciencia.

SUMARIO

1. La fragmentación del saber

Como resultado del enorme progreso de las ciencias en la época moderna, asistimos a una **fragmentación del saber en múltiples disciplinas**. Cada ciencia adopta una perspectiva propia. Perspectiva que se extiende, incluso, a las diferentes ramas de cada ciencia.

Esta fragmentación se confronta con el conjunto de la realidad. Una realidad entrelazada que sugiere que las distintas disciplinas se tienen que poder relacionar. De la respuesta a la excesiva fragmentación surge el **deseo de unificación** y de simplificación de los saberes.

- Una primera respuesta a este problema ha sido dada por el ***reduccionismo***, que propone que unos niveles científicos se pueden reducir a otros. Por ejemplo, que los conocimientos biológicos se pueden expresar completamente mediante conceptos físico-químicos.

  En su forma extrema el reduccionismo se presenta como ***fisicalismo***, afirmando que todas las ciencias se reducen o deberían poder reducirse a la física.

- Una respuesta alternativa es la del ***emergentismo*** que afirma que existen niveles diferentes en las ciencias, de tal modo que no pueden reducirse unos niveles a otros.

En ambos casos, se pueden distinguir **dos niveles**:

- El ***ontológico***, cuando consideramos la emergencia real de sistemas naturales. Por ejemplo, si una molécula es algo más que un mero agregado de los átomos que la componen.
- El ***epistemológico***, cuando consideramos la posibilidad de deducir las teorías de un nivel científico más específico a partir de otras de un nivel más general. Por ejemplo si se puede reducir la química a la física.

En la actualidad está claro que **existen límites a las reducciones epistemológicas** y por lo tanto a las ontológicas. Se reconoce que es muy difícil reducir unas ciencias a otras debido al carácter específico de los diferentes niveles de la realidad y a las peculiaridades de las diferentes perspectivas adoptadas para estudiarlos. Los niveles están interconectados, pero en cada uno de ellos encontramos rasgos específicos que no pueden ser reducidos a la mera suma de las propiedades que se encuentran en niveles inferiores. Una molécula de agua tiene unas propiedades que no se reducen a lo que se puede encontrar en dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno.

> Las dificultades teóricas son tan grandes que las posturas reduccionistas se llegan a denominar a sí mismas como *naturalismo no reductivo* o *fisicalismo no reductivo*. Sin embargo, en el nivel práctico, el reduccionismo es frecuente. Por ejemplo, existe reduccionismo cuando al hablar sobre el origen del hombre solo se admiten los datos biológicos.

Por este motivo, prescindiendo del reduccionismo, convendría subrayar la importancia del estudio de las relaciones entre diversas ciencias y disciplinas, con objeto de obtener una imagen unitaria de la realidad.

1.1. El estudio interdisciplinar de las ciencias

La respuesta actual a la fragmentación del saber no es el reduccionismo sino la **interdisciplinariedad**. Sin embargo, el cultivo de dicha interdisciplinariedad no es tarea fácil, por varios motivos.

- Primero porque los especialistas de diferentes áreas utilizan **conceptos y lenguajes diferentes** que no son fáciles unificar. Por ejemplo, el concepto de muerte puede ser utilizado de modo distinto por un médico que por un filósofo.
- Además, una mera suma de los conocimientos logrados en las diversas áreas solamente proporcionaría un **compendio enciclopédico, no una síntesis unitaria**.

La cuestión que interesa dilucidar es si es posible aspirar a una interdisciplinariedad fuerte, que facilite una comprensión de los problemas relacionados con el sentido de la vida humana.

> Para obtener una imagen del mundo y del hombre adecuada al nivel del progreso científico en cada momento, es necesario tener en cuenta los conocimientos aportados por la ciencia experimental. Pero la ciencia experimental, por sí misma, no proporciona los medios necesarios para abordar los interrogantes más profundos.

Para afrontar esta tarea se pueden admitir las siguientes recomendaciones:

- **Establecer conexiones** entre diferentes ramas de la ciencia natural, incluyendo los aspectos naturales de las ciencias sociales.
- **Prevenir extrapolaciones injustificadas**, señalando las fronteras de la ciencia.
- **Aspirar a una síntesis positiva** que proporcione una imagen unitaria de la realidad.

No se trata de una tarea fácil, y ni siquiera deberíamos esperar que exista una única síntesis teórica. La ***articulación teórica*** de los diferentes ámbitos del saber es una tarea compleja que se puede realizar de diferentes maneras, legítimas y complementarias. Sin embargo, los grandes rasgos de una ***síntesis práctica*** están al alcance de cualquiera que encuentre el sentido auténtico de su vida.

1.2. El diálogo entre ciencia y fe cristiana

Un caso concreto de interdisciplinariedad sería el que envuelve al diálogo entre ciencia y fe, gracias a que la razón trabaja en estrecha colaboración con las dos.

Desde el punto de vista de la fe, la doctrina cristiana contiene:

- Verdades que solo pueden ser conocidas a través de la **revelación divina**. Se trata de misterios, como la filiación divina, que superan la capacidad racional humana pero que no son irracionales. La revelación es razonable y se fundamenta en argumentos inteligibles y profundos. Aun así las verdades reveladas nos elevan a un plano superior, no reducible a lo racional, dándonos a conocer realidades que arrojan una poderosa luz sobre nuestra vida.

  Fiarse completamente de Dios es un acto completamente razonable cuando se vive desde la fe. En nadie puedo confiar con más seguridad que en quien es mi Padre y en quien se ha encarnado y ha dado la vida para redimirme.

- Verdades que podemos alcanzar mediante **la razón**, pero que son conocidas con seguridad y sin mezcla de error, gracias a la ayuda de la revelación.

De aquí podemos deducir que **existen ámbitos de racionalidad en los que la ciencia y la fe cristiana pueden colaborar**. Por ejemplo, las ciencias pueden estudiar los fundamentos racionales del cristianismo; o pueden servir como instrumentos para el trabajo teológico. Mientras que, por su parte, la fe cristiana proporciona un marco más amplio en el que la actividad científica adquiere un sentido más profundo.

> La Iglesia no tiene miedo a la razón, sino que necesita de ella para fundamentar su doctrina, para formularla, para profundizar en ella y para resolver las dificultades a las que se enfrenta. Juan Pablo II afirma: «es preciso no perder la pasión por la verdad última y el anhelo por su búsqueda, junto con la audacia de descubrir nuevos rumbos. La fe mueve a la razón a salir de todo aislamiento y a apostar

de buen grado por lo que es bello, bueno y verdadero. Así, la fe se hace abogada convencida y convincente de la razón».

- Por un lado, la Iglesia Católica reconoce la **legítima autonomía de las ciencias** en su propio ámbito y se sirve de ellas, por ejemplo para la datación histórica de descubrimientos arqueológicos o para certificar que ante eventos de carácter milagroso no hay una explicación científica.
- A la vez dichas ciencias tuvieron su origen y desarrollo inicial en un **contexto cultural cristiano**, como ya se vio en el segundo tema. Muchos de los primeros científicos eran hombres de fe y en la actualidad los científicos que sean buenos cristianos están también llamados a santificar su tarea profesional haciendo muy bien su trabajo.
- Por otro lado, la mentalidad científica debe llevar a la **modestia intelectual** de quien se encuentra siempre dispuesto a reconocer el carácter limitado y perfectible de su conocimiento. Esa actitud permite superar las dificultades que obstaculizan el diálogo entre ciencia y fe.

2. Buscando la integración

En el contexto actual de la ciencia, Artigas asegura que existen unas condiciones propicias para conseguir una integración de los distintos saberes porque:

- Poseemos una **cosmovisión científica completa y rigurosa** de la realidad, que se relaciona con las ideas de auto-organización, racionalidad, e información.
- En el ámbito epistemológico **se pueden combinar las perspectivas lógica, histórica y sociológica**, alcanzado una visión equilibrada acerca de las capacidades humanas que hacen posible la existencia y el progreso de la ciencia experimental.
- El desarrollo tecnológico basado en la ciencia nos ha hecho más **conscientes de las implicaciones éticas** del progreso científico.

Estas tres razones por las que se puede conseguir una integración de los distintos saberes se corresponden con los tres niveles de la ciencia experimental (ontológico, epistemológico y ético).

- Las **construcciones científicas** proporcionan una representación del **orden natural**. La ciencia supone que existe un orden que podemos conocer, aunque sea de modo parcial y perfectible.

- Los **métodos científicos** suponen que poseemos unas **capacidades cognoscitivas singulares**, que nos permiten formular nuevas hipótesis y comprobar su validez, utilizando argumentos en los que la creatividad y la interpretación desempeñan un papel fundamental.
- La ciencia experimental es una **actividad humana** dirigida hacia un conocimiento de la naturaleza que se puede someter a control experimental y que es útil para conseguir un dominio controlado del mundo. Ese doble objetivo representa unos **valores éticos** de los que hablaremos más adelante.

Cada uno de estos niveles tiene también un supuesto filosófico.

- El **supuesto *ontológico*** se refiere a la inteligibilidad o racionalidad de la naturaleza y se encuentra estrechamente relacionado con el orden de la naturaleza.
- El **supuesto *epistemológico*** se refiere a la capacidad humana para conocer el orden natural e incluye las diferentes modalidades de la argumentación científica.
- El **supuesto *ético*** se refiere a los valores implicados por la actividad científica e incluye la búsqueda de la verdad, el rigor, la objetividad, la modestia intelectual, el servicio a los demás, la cooperación y otros valores relacionados con estos.

El progreso científico actúa sobre cada uno de estos supuestos ya que los retro-justifica, enriquece y precisa. En concreto, (1) proporciona un conocimiento cada vez más amplio y profundo del orden de la naturaleza, (2) lleva a conocer cada vez mejor nuestras propias capacidades cognoscitivas y (3) ayuda a entender mejor las implicaciones éticas de esa tarea.

> Es como un puente en los ríos de alta montaña que una vez tendido inicialmente con unas pocas cuerdas, se va reforzando poco a poco con nuevos materiales.

Dicho con otras palabras, el progreso científico es condición suficiente para determinar la existencia de esos supuestos a la vez que permite apreciar su alcance.

El estudio de los supuestos de la ciencia y de las implicaciones del progreso científico permite **tender un puente entre el mundo de la ciencia y el de las humanidades**. Algo que la ciencia experimental no puede hacer por sí sola, ya que no puede plantear ni resolver problemas éticos, antropológicos u ontológicos.

Ese *puente* se apoya en la ciencia, aunque la transciende. Se apoya porque el punto de partida de la argumentación está formado por los supuestos generales de las ciencias. La trasciende porque el estudio de esos supuestos va más allá de las perspectivas específicas utilizadas en las ciencias: su análisis es una tarea propiamente filosófica que puede servir para conectar la ciencia y la teología.

En resumen, las ciencias adoptan puntos de vista particulares, la filosofía se pregunta por la realidad buscando su sentido último a la luz de la razón, y la teología argumenta a partir de la revelación divina. Se trata de **perspectivas que no deberían oponerse**, porque son complementarias y las tres son necesarias si se quiere obtener una representación adecuada de la realidad.

Vamos a examinar ahora primero el punto de partida, los fundamentos, de ese puente. Es decir, la fiabilidad de la ciencia. Para después estudiar los límites y las aperturas de la ciencia. Por último terminaremos asomándonos a los puntos de contacto con la ética, la filosofía y la teología.

3. El punto de partida: la fiabilidad de la ciencia

Hoy en día, gracias a la ciencia experimental, disponemos de un cuerpo de conocimiento científico empírico que es muy fiable y que sirve como telón de fondo para el planteamiento y resolución de las discusiones filosóficas. Ahora bien, ¿dónde reside la fiabilidad y solidez del conocimiento científico?

- En una primera aproximación diríamos que las construcciones científicas son fiables en la medida en que sirven para alcanzar el objetivo de la actividad científica: un conocimiento de la naturaleza entrelazado con un dominio controlado de la misma.

Para alcanzar este objetivo y por lo tanto para garantizar la fiabilidad de la ciencia, se deben cumplir varios requisitos que ya se han estudiado y que están entrelazados entre ellos: intersubjetividad, contrastación empírica, predicción y progreso.

- La **intersubjetividad** científica es el resultado de (1) un hecho objetivo: existen pautas naturales ordenadas que podemos conocer; y (2) un hecho subjetivo: introducimos estipulaciones que hacen posible establecer un lenguaje intersubjetivo.
- Por otro lado, cada vez que creamos una nueva teoría, modelo u objetivación científica, debemos especificar los criterios operacionales que hacen

posible la **contrastación empírica**. Por este motivo, la correspondencia entre las hipótesis y los hechos es siempre una relación del tipo «Si aceptamos tales hipótesis, entonces obtenemos tales consecuencias empíricas».

- La **predicción** de hechos inesperados que se corroboran con precisión es, de ordinario, el tipo más fuerte de prueba en la ciencia experimental. Una nueva teoría, por muy abstracta que sea, siempre llamará la atención de los científicos si proporciona una sola predicción inesperada. A la vez, para explicar la existencia de esas predicciones, parece necesario admitir que las teorías alcanzan de algún modo el orden natural que subyace al mundo.
- En la ciencia experimental es posible reconocer un cierto **progreso** acumulativo no perfectamente lineal, de tal modo que los nuevos logros no sustituyen a los precedentes, sino que más bien se les añaden.

4. Los límites y las aperturas de la ciencia

Junto a la fiabilidad de la ciencia como punto de partida de un conocimiento más profundo, es necesario reconocer los límites de esta aproximación. De otro modo se caería fácilmente en el cientificismo.

- La ciencia experimental **solo es competente acerca de realidades que sean experimentalmente controlables**, por lo que no puede decir nada a favor o en contra de aquellas realidades que caen fuera de su control.

> Cuando sobre «bases científicas» se niega la existencia de Dios, se está realizando una extrapolación injustificada. Lo mismo sucede cuando al estudiar científicamente al hombre y a su comportamiento individual o social, no se tiene en cuenta que este posee unas características que se encuentran por encima de lo puramente material.

Luego, existe un **criterio de demarcación** entre el conocimiento científico experimental y otros tipos de conocimientos, que viene dado por el control experimental. Solo lo que de algún modo se puede verificar y falsar puede ser científico en el sentido moderno del término. Aun así quedan muchas realidades y cuestiones sobre las que la ciencia experimental no tiene una respuesta completa, pero sí tiene algo que decir.

> «El psicoanálisis de Freud no es una ciencia, aun cuando pudiera ser verdadero; el geocentrismo de Tolomeo sí lo era, aun cuando fuera falso: precisamente que hayamos sido capaces de demostrar su falsedad confirma que era una teoría científica» (Meléndez).

Junto a esos límites hay que identificar también las **aperturas de la ciencia**. Aperturas que se pueden sintetizar en tres tipos:

- Una apertura de la ciencia **hacia la contribución del científico** a través de su creatividad, inteligencia, voluntariedad, interpretaciones…
- Otra apertura **hacia el mundo** o la realidad que tiene lugar a través de la observación y del control experimental.
- Y una tercera apertura de la ciencia **hacia la comunidad científica** a través de las convenciones o estipulaciones, así como de los distintos lenguajes formales como la matemática o la lógica.

Luego la ciencia está limitada por muchos factores, pero a la vez está abierta al mundo y a la persona humana tanto en su aspecto personal como social. Estos límites y aperturas hacen que la actividad científica no se pueda encerrar en sí misma como si se tratase de un cuerpo con autonomía propia, a la vez que requiere de la contribución de otros saberes para su justo desarrollo.

5. Modalidades de la relación entre ciencia y fe

Una vez reconocido que la ciencia tiene sus límites y también que está abierta a algo más, se puede explorar su apertura y relación con la fe revelada y con la fe de los científicos. En las relaciones entre ciencia y fe se pueden distinguir cuatro modalidades:

- **Incompatibilidad** entre la fe revelada y las afirmaciones de la ciencia. Esta postura es la defendida por ejemplo por creacionistas y cientificistas.
- **Compatibilidad** entre fe y ciencia, ya que ambas pertenecen a esferas del conocimiento completamente independientes. Es la postura conocida como NOMA o *Non-Overlapping Magisteria*.
- **Confirmación**: ciertas contribuciones científicas no solo son compatibles sino que refuerzan ciertos elementos de fe. Algunos aspectos del Diseño Inteligente (ID: *Intelligent Design*) entrarían dentro de esta categoría.
- **Colaboración**: Ciencia y fe se mueven en ámbitos metodológicos distintos y autónomos pero existe armonía entre ellas. Esta es la postura más coherente con la doctrina y el magisterio católico al respecto.

Las cuestiones fronterizas entre ciencia y fe no son cuestiones que surjan explícitamente de la ciencia experimental, sino que **surgen de la reflexión filosófica** suscitada por la tarea del científico. A partir de esta reflexión se puede establecer un diálogo entre ciencia y religión. Dialogo que se sirve de la filosofía porque ciencia y fe comparten el carácter racional. Diálogo que está siempre abierto a la ciencia y a la fe, en un constante esfuerzo de armonización.

Se pueden distinguir ***tres clases de cuestiones fronterizas***, cada una con sus características propias. Las denominaremos según la terminología de Artigas como conexiones subjetivas, solapamientos parciales y supuestos generales de la ciencia.

6.1. Conexiones subjetivas

Los científicos son seres humanos que, como cualquier otra persona, afrontan cuestiones filosóficas y teológicas. Muchas de estas cuestiones pueden surgir al reflexionar sobre su tarea científica. Se trata de **conexiones subjetivas** en las que, según la sensibilidad de cada científico, los problemas científicos particulares se convierten en una fuente subjetiva de reflexiones religiosas.

> Para darnos cuenta de la importancia de estas conexiones subjetivas baste citar el capítulo 13 del libro de la Sabiduría: «Eran naturalmente vanos todos los hombres que ignoraban a Dios y fueron incapaces de conocer al que es, partiendo de las cosas buenas que están a la vista, y no reconocieron al Artífice, fijándose en sus obras, sino que tuvieron por dioses al fuego, al viento, al aire leve, a la bóveda estrellada, al agua impetuosa, a las lumbreras celestes, regidoras del mundo. Si, fascinados por su hermosura, los creyeron dioses, sepan cuánto los aventaja su Señor, pues los creó el autor de la belleza. Y si los asombró su poder y actividad, calculen cuánto más poderoso es quien los hizo. Pues por la magnitud y belleza de las criaturas, se percibe por analogía el que les dio el ser. Con todo, a estos poco se les puede echar en cara, pues tal vez andan extraviados, buscando a Dios y queriéndolo encontrar; en efecto, dan vueltas a sus obras, las exploran, y su apariencia los subyuga, porque es bello lo que ven. Pero ni siquiera estos son perdonables, pues, si lograron saber tanto que fueron capaces de desvelar el cosmos, ¿cómo no descubrieron antes a su Señor?»

En estos casos los científicos se comportan más bien como filósofos o como teólogos; y por lo tanto, **sus reflexiones, aunque se apoyen en datos científicos, ya no son puramente científicas**. Como tales, sus contribuciones deberán

ser valoradas de acuerdo con los correspondientes criterios filosóficos o teológicos.

> Por ejemplo, el astrofísico que estudia el origen del universo y se pregunta por la explicación última (filosófica y teológica) del universo.

La ciencia puede comportarse como un catalizador de actitudes metafísicas, pero eso no significa que la ciencia por sí misma implique ningún problema metafísico. **Es importante distinguir bien en qué plano se está razonando**.

- Ningún problema que pueda ser formulado dentro de la ciencia empírica es una cuestión fronteriza. Las cuestiones que son propiamente científicas no necesitan apelar a razones extra-científicas.
- Y viceversa, **si necesitamos razones meta-científicas** para formular o resolver un problema concreto, esto significa que **ese problema no puede ser considerado como un problema científico en sentido estricto**.

Los problemas científicos, cuando están formulados de modo adecuado, tienen soluciones científicas. Las cuestiones metafísicas pertenecen a una perspectiva que sobrepasa el ámbito científico, y deben ser estudiadas desde un punto de vista metafísico.

6.2. Solapamientos parciales

Los solapamientos parciales se producen en aquellas cuestiones que, desde distintos puntos de vista, pueden pertenecen a la vez a la ciencia y a la religión.

- Un tipo de solapamiento parcial tiene lugar **cuando el mismo problema es abordado por la ciencia y la metafísica o la religión al mismo tiempo**. Es algo que ha sucedido históricamente, ya que las fronteras entre la ciencia y la filosofía-religión han cambiado. No se trata de cuestiones genuinamente fronterizas sino de cuestiones en las que es necesario distinguir los niveles y dirimir quién tiene la última palabra al respecto. Son cuestiones que se resuelven clarificando los argumentos.

> Por ejemplo, en la cuestión sobre el geocentrismo y el heliocentrismo, la ciencia experimental extendió su ámbito explicativo a un problema en el que era competente y para el que existía una respuesta cultural-religiosa previa. Una vez aclarado que ese problema se podía formular y resolver con argumentos puramente científicos, se esclareció la disputa.

Los debates entre ciencia y religión se suelen centrar en torno a problemas de este tipo. La diferencia reside, hoy en día, en que suelen ser algunos cien-

tíficos quienes pretenden dar explicaciones que van más allá de las competencias científicas. Muchos de estos debates se deben al abuso del *naturalismo científico* que presenta a la ciencia como la responsable de dar explicaciones naturalistas (materialistas) a todos los fenómenos. Sin embargo, se le hace un flaco favor a la ciencia haciéndole responsable de cuestiones que escapan a su metodología.

> Un ejemplo sería querer explicar el origen del hombre solo mediante argumentos evolucionistas, o reducir conceptos como «amor» o «felicidad» a cuestiones hormonales.

- Otro tipo de solapamiento parcial es **el uso del conocimiento científico en los argumentos metafísicos o teológicos**. El caso más frecuente tiene lugar cuando los conocimientos científicos se usan como parte de los argumentos de la teología natural en las pruebas de la existencia de Dios.

Aquí el problema es que para utilizar información científica en un contexto metafísico o teológico debemos antes reflexionar filosóficamente sobre cuál es el contexto explicativo del dato científico.

> Richard Dawkins y John Lennox mantuvieron un intenso debate en el Museo de Historia Natural de Oxford bajo el título «Has Science buried God?» En ese debate, que merece la pena ver, uno de los múltiples argumentos que se utilizan es que no se puede poner la acción divina al nivel del resto de causas materiales. Si se concibe la acción divina como la propia de la Causa Primera, en sentido tomista, no como una causa entre otras causas, su Acción es absolutamente compatible con la actividad de las causas naturales o causas segundas.

6.3. Presupuestos filosóficos de las ciencias

Los supuestos generales de la actividad científica representan las auténticas cuestiones fronterizas. La actividad científica se apoya sobre unos supuestos cuyo estudio es una tarea filosófica e incluso teológica.

- Se trata de los **primeros principios del ser y del conocer**, que constituyen la base de cualquier ciencia. Por ejemplo, en la ciencia siempre suponemos que lo que sucede tiene causas que lo explican (principio de causalidad), que no pueden existir aspectos incompatibles ni en la realidad ni en nuestro pensamiento (principio de no-contradicción), y que el mundo tiene una consistencia propia y se encuentra ordenado.
- También son los ***tres supuestos generales de la actividad científica*** ya analizados: la existencia de un orden natural, la capacidad humana para cono-

cerlo y la existencia de unos objetivos de la ciencia que son considerados como valores.

Estos tres supuestos forman parte de la ciencia, porque son condiciones necesarias sin las cuales la ciencia no podría existir ni tendría sentido; y, al mismo tiempo, su consideración cae fuera del ámbito de estudio de la ciencia, y exige que se adopte un punto de vista filosófico. Precisamente por este motivo constituyen un puente válido entre las ciencias por un lado, y la metafísica y la religión por el otro: porque pertenecen a las ciencias pero su estudio es una tarea filosófica e incluso teológica.

- Así como los **supuestos particulares en las distintas disciplinas** científicas. Esto es especialmente importante en las ciencias humanas, porque ***las ciencias humanas se apoyan en algún tipo de imagen acerca del hombre y de su conducta***, y su progreso proporciona nuevas ideas acerca del hombre: también aquí se da una retro-acción del progreso sobre los supuestos. En estas ciencias, *el método que se adopta depende de nuestra imagen del hombre y tiene implicaciones sobre ella*.

Por ejemplo, si se adopta un método conductista en psicología, se da por supuesto que, de algún modo, la interioridad humana es irrelevante: solo interesa la conducta que se puede observar desde fuera. Las teorías de la economía, en otro ámbito, a veces se basan en modelos de la acción humana que suponen un comportamiento básicamente egoísta. Sin duda, es posible utilizar este tipo de enfoques como métodos particulares, sin atribuirles un significado global; pero es fácil que esos métodos refuercen la idea del ser humano en que se apoyan.

- A estos se deben añadir los presupuestos éticos de la actividad científica, los **primeros principios del actuar humano**.

7. Dimensión ética de la ciencia

Afrontar al final de este libro la dimensión ética de la ciencia e intentarlo en un único epígrafe, es una tarea, cuando menos, temeraria. Pero el libro quedaría incompleto si no lo hago.

La primera idea que se puede transmitir es que **la búsqueda de la verdad es un valor de dimensiones éticas**. *Sapere aude!* (¡Atrévete a saber!) decían los antiguos… y atreverse a saber ya tiene unas connotaciones éticas. El primer precepto ético es ¡actúa! La ética crea ciencia: nos anima a conocer la verdad de las cosas.

La tarea científica es un **atreverse a saber** que no puede ser considerado como una actividad que se mueve solo por intereses particulares o con fines uti-

litaristas. La búsqueda de la verdad corresponde a una de las aspiraciones más importantes del ser humano e implica **desinterés e imparcialidad** con respecto a intereses subjetivos. Si se admite que con la ciencia experimental se conoce algo de la realidad, debe admitirse que la ciencia experimental posee un carácter ético.

> Esto se aprecia, por ejemplo, en que el científico tiene que ser honesto al hacer ciencia, o en que debe dar toda la información para ayudar a otros a juzgar el valor de su contribución, no solo la interpretación que lleva a juzgar en favor de una dirección particular o de otra.

La ciencia experimental tiene sentido en la medida en que consiste en la búsqueda de la verdad, y el compromiso con esta tarea conlleva una responsabilidad moral.

7.1. Una actividad *humana*

La ciencia está hecha por seres humanos y en su estudio de la realidad también incluye a los hombres, porque los hombres son manipulables a través de su cuerpo. Por eso, pensar en los efectos, incluso secundarios, sobre la naturaleza humana no puede ser algo ajeno al científico. En este sentido se ha desarrollado incluso una ciencia: la ecología.

Las ciencias no se terminan en sí mismas, no son el fin último de la acción humana, sino que tienen que estar **al servicio del hombre**, no como un instrumento de poder de unos hombres sobre otros.

De aquí se deriva un error como puede ser el tratar al cuerpo humano como un objeto que está en nuestro poder. El hombre que hace ciencia es humano y tiene que ***ser humano***. Algo que muchas veces se ha perdido de vista.

El Papa Francisco, en los puntos 101 a 114 de la encíclica *Laudato Si'*, afronta varias cuestiones del paradigma tecno-científico actual. Comienza por señalar que «hay un modo de entender la vida y la acción humana que se ha desviado y que contradice la realidad hasta dañarla».

Señala cómo el poderío tecnológico nos pone en una encrucijada: junto a los magníficos avances que se han producido y se nos presentan, hemos adquirido un conocimiento que nos da un tremendo poder que está en las manos de algunos. «**Nunca la humanidad tuvo tanto poder sobre sí misma** y nada garantiza que vaya a utilizarlo bien, sobre todo si se considera el modo en que lo está haciendo».

En nuestra sociedad actual, cuya moral tiene un marcado sesgo utilitarista, la posibilidad de acabar entregando las **decisiones morales en manos de los técnicos** y de los poderosos es muy real.

> Como señala Spaemann: «El utilitarismo entrega el juicio moral del hombre corriente en manos de la inteligencia técnica de los expertos: las normas morales se hacen técnicas ya que, según el utilitarismo, no se puede ver, en ella misma, la cualidad moral de la acción, sino que se requiere tener presente la función universal de su utilidad; y obtener esta es cosa de los expertos que se reconocen a sí mismos como tales».

El hombre queda así «desnudo y expuesto frente a su propio poder, que sigue creciendo, sin tener los elementos para controlarlo (…) [porque] le falta una ética sólida, una cultura y una espiritualidad que realmente lo limiten y lo contengan en una lúcida abnegación» (Laudato Si', n. 105). ¿Dónde se puede encontrar una ética sólida en ciencia?

7.2. El principio de integridad científica a ultranza

En su lección inaugural del curso 1974-75 en Caltech, Richard Feynman expuso su **principio de *integridad científica***, que constituye todo un programa para el desarrollo de cualquier ciencia. Copio a continuación una parte de ese discurso porque habla por sí solo:

«Puede ser, pues, interesante hablar explícitamente de una especie de **integridad científica**, un principio de pensamiento científico que equivale a una especie de **honestidad absoluta**, algo así como querer refutar lo hecho. Por ejemplo, si estamos realizando un experimento, deberíamos dar cuenta no solo de lo que nos parece que tiene de correcto, sino de todos los aspectos que a nuestro juicio podrían invalidarlo: otras causas que podrían explicar los resultados obtenidos; cosas que uno piensa han quedado descartadas por otros experimentos, y cómo funcionaron estos; todo lo que garantice que los demás puedan saber qué es lo que se ha descartado.

»Si se conocen, deben darse los detalles que pudieran hacer dudar de la interpretación propia. Se debe hacer el máximo esfuerzo para explicar lo que no encaja, o pudiera no encajar. Por ejemplo, si uno elabora una teoría y la da a conocer o la publica, se deben mostrar los hechos relevantes que discrepan y no solo los que convergen.

»Existe además un problema más sutil. Cuando uno ha reunido y ensamblado un montón de ideas y confeccionado con ellas una teoría, al explicar qué cosas

encajan en ella es necesario asegurarse de que las cosas que encajan no sean meramente aquellas que nos dieron la idea para la teoría; hace falta además que la teoría recién acuñada haga salir a la luz cosas nuevas.

»En resumen, la idea consiste en **esforzarse en dar la totalidad de la información para que los demás puedan juzgar con facilidad el valor de lo que se aporta**, y no en dar solamente información que oriente el juicio en una u otra dirección.»

¿Qué es esto, sino una búsqueda honesta, ética, de la verdad? En muchos casos es así, pero el comportamiento honrado del científico no está siempre garantizado. Hay **muchos intereses** que pueden desdibujar ese amor a la verdad que debería ser su motivación última.

En este sentido, la relevancia social de la ciencia en la actualidad hace que muchas veces se tenga que deformar para ofrecer una imagen pública distorsionada. La cantidad ingente de recursos económicos que se necesitan requiere de financiación, para lo que el científico tiene que vender lo que hace, transmitiendo muchas veces un mensaje engañoso que vende el potencial de la ciencia prometiendo objetivos que no entran dentro de lo que el científico puede prometer.

Lo correcto casi siempre se identifica con lo corregido, aquello que inicialmente no salió bien pero que se rectifica; y el científico no solo tiene que esforzarse por detectar los errores de sus investigaciones científicas sino también por **afrontar los errores de su comportamiento moral**: la corrección, en su doble sentido, entra dentro de lo que se pide al científico.

* * *

No puedo terminar estas páginas sin reconocer que tanto el contenido del libro como la formación de su autor son deudores de la obra de Mariano Artigas, fundador de Grupo de Investigación CRYF, y del acompañamiento y sugerencias del profesor Enrique Moras.

Ejercicio 1. Vocabulario

Identifica el significado de las siguientes palabras y expresiones usadas:

- Reduccionismo
- Fisicalismo
- Emergentismo
- Interdisciplinariedad
- Contrastación empírica
- Predicción
- Progreso
- Criterio de demarcación
- Conexiones subjetivas
- Solapamientos parciales
- Supuestos ontológicos
- Supuestos epistemológicos
- Supuestos éticos
- Autonomía de las ciencias
- *Sapere aude!*
- Principio de integridad

Ejercicio 2. Guía de estudio

Contesta a las siguientes preguntas:

1. ¿Qué respuestas se han dado al problema de la fragmentación del saber?
2. ¿Con qué dificultades se enfrenta la interdisciplinariedad? ¿Qué recomendaciones puede seguir?
3. ¿Cómo y por qué es posible que exista un diálogo entre ciencia y fe cristiana?
4. ¿Por qué piensa Artigas que es posible buscar una integración de los distintos saberes?
5. El progreso científico actúa sobre los supuestos de la ciencia ya que los retro-justifica, los enriquece y los precisa. ¿Qué significa esto?
6. ¿Qué características o requisitos de la actividad científica sirven para dar garantías de la fiabilidad de la ciencia?
7. ¿Por qué está delimitada la ciencia experimental?
8. ¿Cuáles son los tipos de aperturas de la ciencia?
9. ¿Podrías indicar las distintas modalidades de la relación entre ciencia y fe?
10. En las cuestiones fronterizas entre ciencia y fe ¿cuál es la diferencia entre las conexiones subjetivas y los solapamientos parciales?
11. ¿Qué tipos de presupuestos filosóficos de las ciencias podrías subrayar?

12. ¿A qué peligros se enfrenta la ciencia para que sea una actividad auténticamente «humana»?
13. Principio de integridad a ultranza: ¿en qué consiste y a qué dificultades se enfrenta?

Ejercicio 3. Comentario de texto

Lee los siguientes textos y haz un comentario personal utilizando los contenidos aprendidos:

Si la ciencia y la religión fuesen totalmente independientes, se evitaría la posibilidad de conflicto, pero también quedaría excluida la posibilidad de un diálogo constructivo y de un enriquecimiento mutuo. No experimentamos la vida como claramente dividida en compartimentos separados; la experimentamos en totalidad e interconexión antes de desarrollar disciplinas particulares para estudiar sus diferentes aspectos. Existen también fundamentos bíblicos para admitir que Dios es Señor de toda nuestra vida y de la naturaleza, más que de una esfera «religiosa» separada. La articulación de una teología de la naturaleza que estimule una fuerte preocupación ambiental es también una tarea de importancia crítica hoy día.

Ian Barbour
Religion in an Age of Science, p. 16

* * *

El cristiano no puede separar su ciencia de su teología como si fuesen en principio incapaces de interrelacionarse. Por otra parte, ha aprendido a desconfiar de los caminos demasiado simples que van de la una a la otra. Debe aspirar a algún tipo de coherencia en su cosmovisión… Puede, e incluso debe, esforzarse para poner en consonancia su teología y su cosmología en las contribuciones que ambas aportan a su cosmovisión. Pero esta consonancia (como muestra la historia) es una relación tentativa, que se encuentra constantemente bajo escrutinio, en constante y suave cambio.

Ernan McMullin en: Arthur Peacocke (ed.),
The Sciences and Theology in the Twentieth Century, p. 52

* * *

El primer principio es que uno no debe engañarse a sí mismo; y uno mismo es la persona más fácil de engañar. Luego es preciso ser muy cuidadoso. Una vez que uno no se ha engañado a sí mismo, resulta fácil no engañar a los demás científicos. A partir de ahí basta con ser honesto, según el sentido convencional.

Además, quisiera añadir algo que no es esencial para la ciencia, pero de lo que yo estoy convencido, y es que no se debe engañar a los legos cuando uno habla como científico. De lo que estoy hablando es de un tipo específico de integridad, una integridad de tipo extra, que no consiste en no mentir, sino en mostrar en qué puede uno estar equivocado. Esa es la actitud que uno debería tener como científico. Y esta es nuestra responsabilidad como científicos. Responsabilidad que sin duda alguna tenemos para con los otros científicos, y me parece a mí que también, como científicos, hemos de tener con los legos en nuestra materia.

Por ejemplo, quedé un poco sorprendido al conversar con un amigo que iba a hablar por la radio. Esta persona trabaja en astronomía y cosmología, y se estaba preguntando cómo podría explicar cuáles eran las aplicaciones prácticas de su trabajo. «Bueno –le dije–, no hay ninguna». Él me dijo: «Sí, pero entonces no nos darán fondos para más investigaciones de este tipo». Considero que eso es una especie de falta de honradez. Si uno está actuando como científico, debe explicarle a los legos lo que uno está haciendo, y si vistas las circunstancias estos no quieren seguir apoyándole a uno en su trabajo, esa es una decisión que les compete a ellos.

Richard Feynman
Cargo Cult Science (discurso de inicio
de curso en Caltech), 1974

BIBLIOGRAFÍA

1. Fuentes principales

ARTIGAS, M., *Filosofía de la Ciencia Experimental*, EUNSA 1999.
—, *Filosofía de la Ciencia*, EUNSA 2009.

2. Fuentes secundarias

GIBERSON, K. y ARTIGAS, M., *Oráculos de la Ciencia*, Encuentro, 2012.
MARCOS, A., *Hacia una Filosofía de la Ciencia amplia*, Tecnos, 2000.
—, *Ciencia y acción. Una filosofía práctica de la ciencia*, FCE 2010.
MELÉNDEZ SÁNCHEZ, J., *De Tales a Newton. Ciencia para personas inteligentes*, Ellago, 2014.
Este libro de historia de la ciencia es a mi parecer muy recomendable y asequible para personas con menor formación científica.
SOLER GIL, F. J. y ALFONSECA, M. (eds.), *60 preguntas sobre ciencia y fe. Respondidas por 26 profesores de universidad*, Stella Maris, 2014.

3. Páginas web

A Ciencia Cierta: *http://a100ciacierta.com/*
CRYF. Grupo de investigación Ciencia, Razón y Fe: *http://www.unav.es/cryf/*
De Tales a Newton: *https://detalesanewton.wordpress.com/*
Diccionario Interdisciplinar Austral: *http://dia.austral.edu.ar/Presentación*
Documentazione interdisciplinare di Scienza e Fede: *http://disf.org/*
Scientia et Fides: *http://apcz.pl/czasopisma/index.php/SetF*
STOQ Project: Science, Theology and the Ontological Quest: *http://www.stoqproject.it/*

ÍNDICE GENERAL